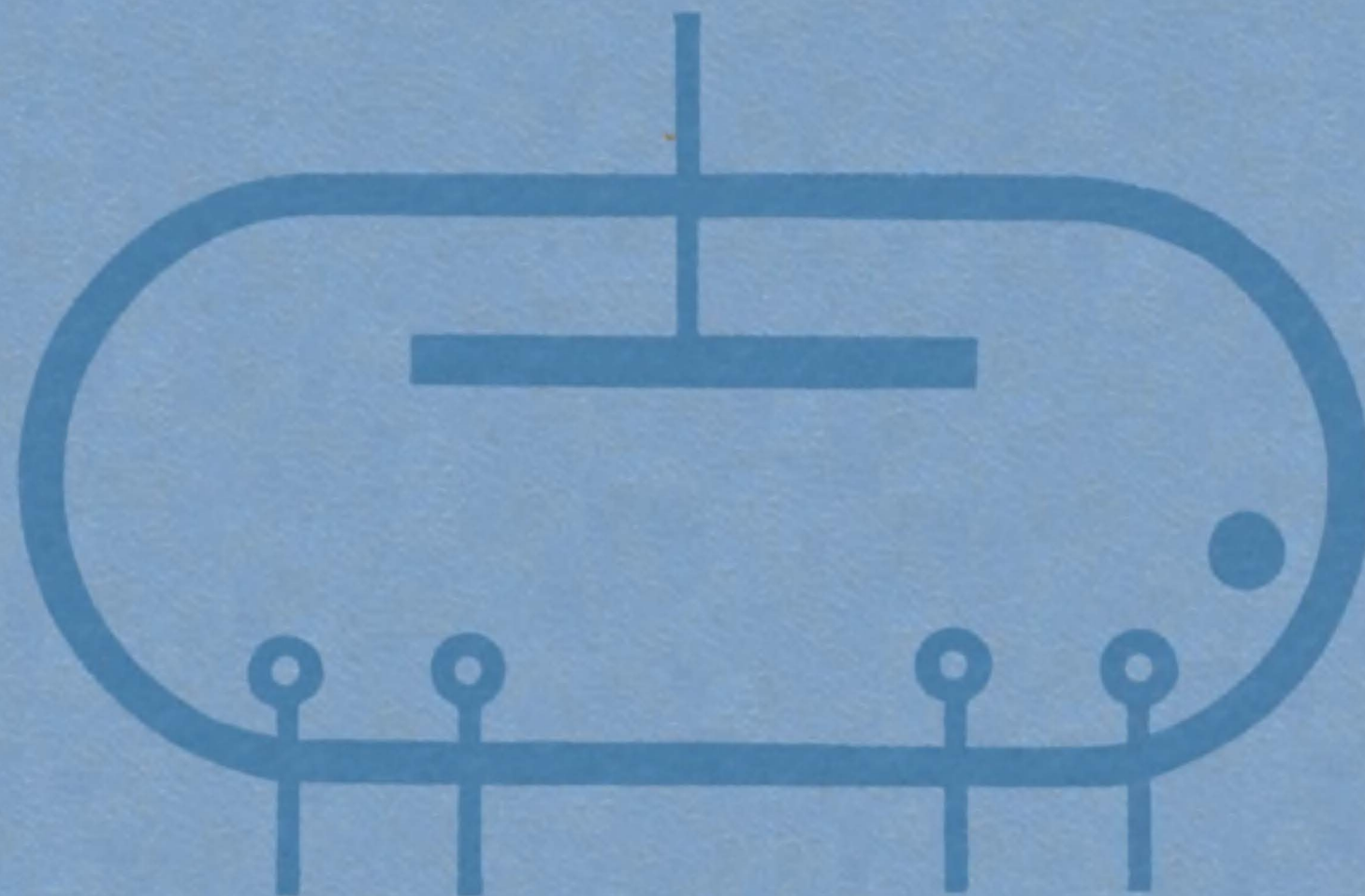
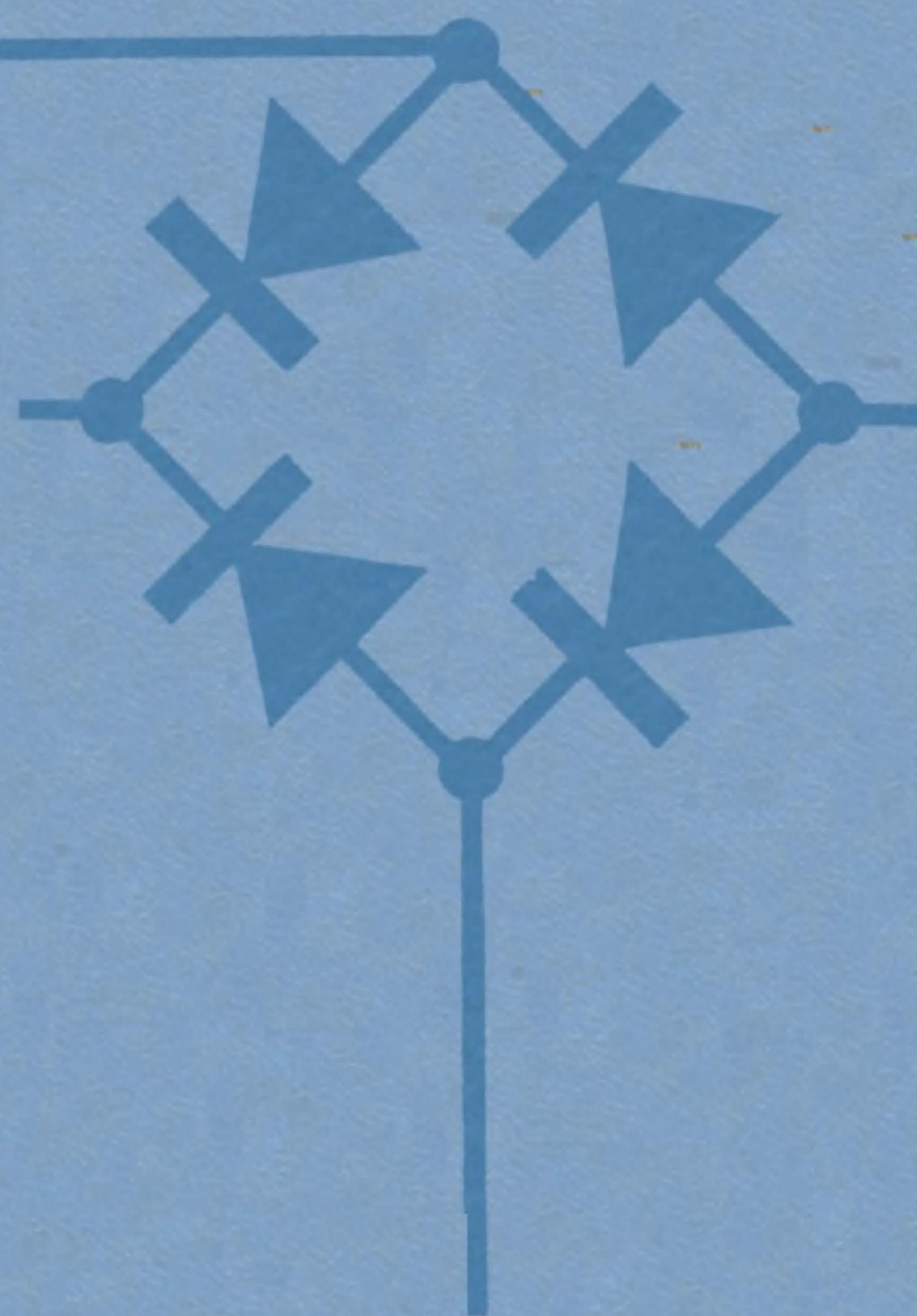
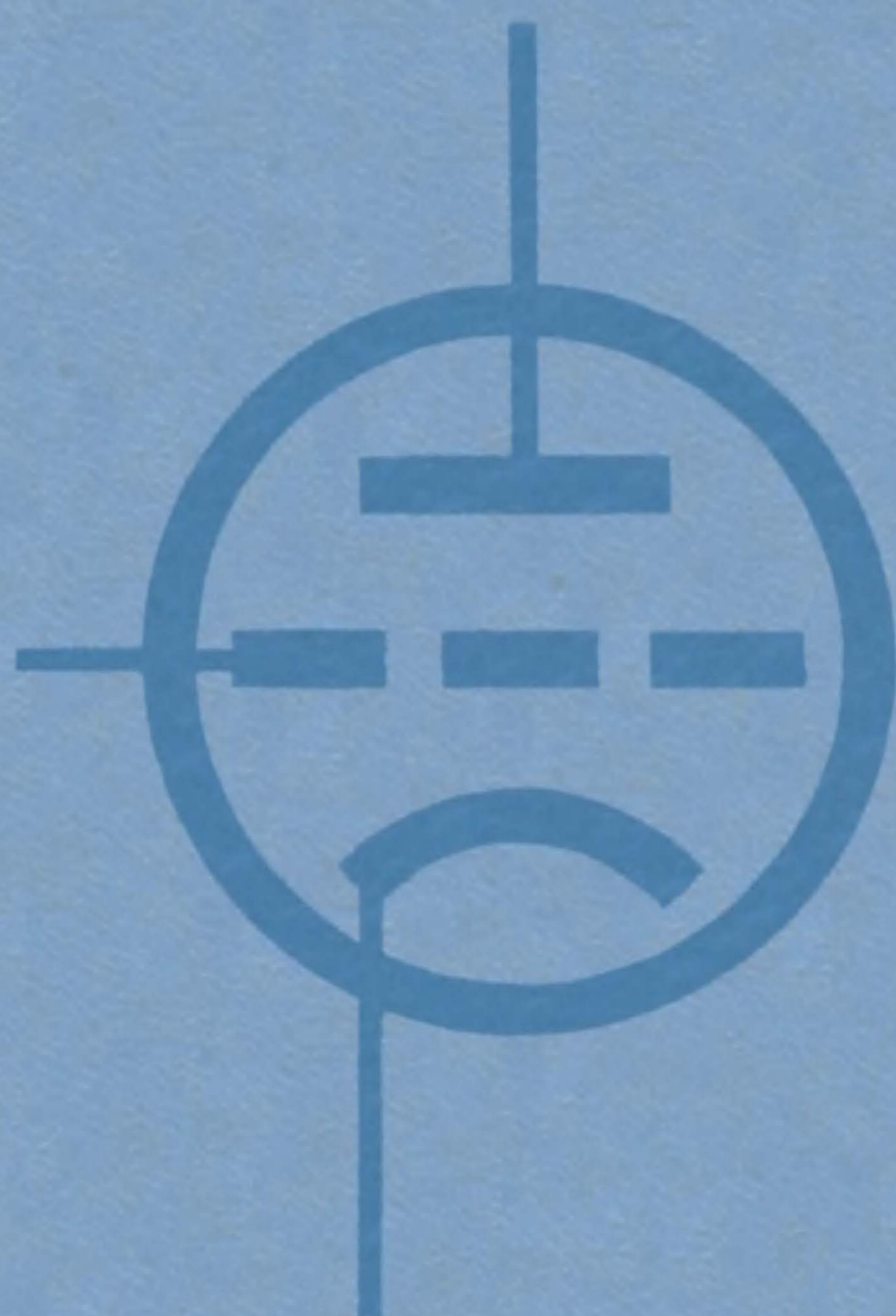


ХРЕСТОМАТИЯ  
РАДИОЛЮБИТЕЛЯ



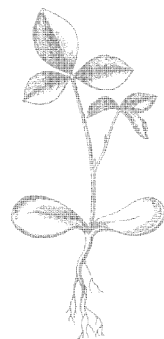
# ХРЕСТОМАТИЯ РАДИО ЛЮБИТЕЛЯ







ИЗДАТЕЛЬСТВО  
«ЭНЕРГИЯ»  
1966







СОСТАВИТЕЛИ  
В.А.БУРЛЯНД  
И.П.ЖЕРЕБЦОВ



The page features five black curved lines that sweep across the background, creating a sense of motion or stylized waves. These lines are positioned around the central text, with two on the left and three on the right.

# **ХРЕСТОМАТИЯ РАДИО ЛЮБИТЕЛЯ**



# МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 602

Редакционная коллегия:

Берг А. И., Бурдейный Ф. И., Бурлянд В. А., Ванеев В. И.,  
Геништа Е. Н., Жеребцов И. П., Канаева А. М.,  
Корольков В. Г., Кренкель Э. Т., Куликовский А. А.,  
Смирнов А. Д., Тарасов Ф. И., Шамшур В. И.

УДК 621. 37/39

X91

Книга представляет собой пособие для радиокружков и радиолюбителей. Она содержит выборки из журнальных статей, книг и брошюр по радиоэлектронике, в которых наиболее доходчиво и популярно излагаются основы радиотехники.

В Хрестоматии собраны также материалы, необходимые начинающему радиолюбителю в его практической работе: описания ряда радиолюбительских приемников и усилителей, простейшего магнитофона и самодельных деталей.

Для начинающих радиоспортсменов приводятся описания простейшей УКВ аппаратуры.

Даются также статьи по измерениям — методике конструирования и налаживания радиоприемников, обнаружения и устранения в них неисправностей.

Заключительная глава книги посвящена обзору достижений радиоэлектроники.

В четвертом издании значительно обновлены материалы с описаниями радиолюбительской аппаратуры, переработан ряд глав, а некоторые из них написаны заново.

## Хрестоматия радиолюбителя.

Изд. 4-е, переработ. и доп., М.—Л., издательство «Энергия», 1966.  
360 стр. с илл. (Массовая радиобиблиотека.) Вып. 602.

3-4-5  
179—65

Редакторы А. Я. Брейтбарт, Р. М. Малинин Техн. редакторы Н. А. Бульдяев и Н. Т. Кривогин  
Оформление художника Е. В. Никитина

Сдано в набор 30/VI 1965 г. Подписано к печати 29/III 1966 г. Т-04056. Бумага типографская № 2  
84×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Печ. л. 37,8. Уч.-изд. л. 43,46. Тираж 100 000 экз. Цена 1 р. 94 к. Зак. 1883

Ленинградская типография № 1 «Печатный Двор» имени А. М. Горького Главполиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров СССР, Гатчинская, 26.



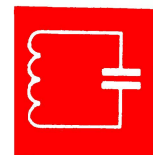
## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие (7).

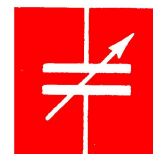
**ГЛАВА ПЕРВАЯ. ИСТОРИЯ И ЗНАЧЕНИЕ РАДИО** (9). Александр Степанович Попов (9). День радио (16). От Попова до наших дней (17). Радиолюбители — энтузиасты советской радиотехники (25). Летопись дел радиолюбительских (30). Литература (40).



**ГЛАВА ВТОРАЯ. РАДИОПЕРЕДАЧА И РАДИОПРИЕМ** (41). Радиоволны и колебания (41). От микрофона до антенны (47). Распространение радиоволн (52). Радиоприем (54). Особенности восприятия звука человеком (57). Искажения при передаче звука (58). Электродинамические микрофоны (58). Электродинамические громкоговорители (59). Стереозвук (60). Литература (65).



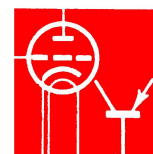
**ГЛАВА ТРЕТЬЯ. РАДИОСХЕМЫ** (66). Возникновение радиосхем (66). Особенности принципиальных схем (67). Виды радиосхем (68). Как читать радиосхемы (69). Элементы конструкции на принципиальных схемах (70). Литература (74).



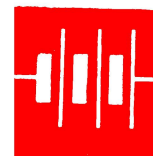
**ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ. АНТЕННЫ И ЗАЗЕМЛЕНИЕ** (75). Простейшие приемные антенны (75). Грозозащита антенн (77). Нужно ли заземлять «заземление» (79). Магнитные антенны (80). Литература (80).



**ГЛАВА ПЯТАЯ. ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛАМПЫ И ТРАНЗИСТОРЫ** (81). Электронная лампа (81). Дюды (83). Триоды (86). Параметры триодов (89). Тетроды и пентоды (90). Комбинированные лампы (93). Конструкции радиоламп (95). Условные обозначения электронных ламп (96). Режимы работы ламп (97). Лампы с холодным катодом (104). Фотозлементы (106). Транзистор? ... Это очень просто! (108). Выбор типов транзисторов и работа с ними (129). Литература (130).



**ГЛАВА ШЕСТАЯ. ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ РАДИОАППАРАТУРЫ** (131). Химические источники электрической энергии (131). Соединение элементов в батарее (133). Окисно-ртутные элементы и батареи (134). Аккумуляторы (136). Герметичные щелочные аккумуляторы (137). Солнечные батареи (138). Атомные батареи (140). Питание ламп в сетевых приемниках (141). Сколько вольт в электросети переменного тока (144). Литература (146).

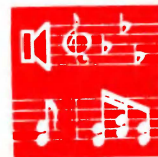


**ГЛАВА СЕДЬМАЯ. РАДИОПРИЕМНИКИ** (148). Семь качеств приемника (148). Напряженность поля (153). Приемник прямого усиления (153). Ламповые усилители низкой частоты (159). Выходные каскады ламповых усилителей низкой частоты (161). Самодельный двухламповый приемник (163). Простейший однотранзисторный приемник (164). Карманный приемник ЮТ (165). Карманный радиоприемник В. В. Плотникова (168). Как работает супергетеродин (171). Самодельный четырехламповый супергетеродин (174). Литература (179).





**ГЛАВА ВОСЬМАЯ. ПРОИГРЫВАТЕЛИ И МАГНИТОФОНЫ** (182). Звукосниматели (182). Одноламповый усилитель для проигрывателя (183). Переносные электропроигрыватели (186). Электропроигрыватель с сетевым питанием (186). Батарейный электропроигрыватель (187). Принцип магнитной звукозаписи (191). Простой любительский магнитофон (204). Как выбрать и проверить магнитофон при покупке (213). Литература (214).



**ГЛАВА ДЕВЯТАЯ. КОНСТРУИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ РАДИОАППАРАТУРЫ** (216). Рабочее место радиолюбителя (216). Выбор радиодеталей (224). Изготовление катушек индуктивности и трансформаторов (232). Советы начинающему радиолюбителю-конструктору (234). Конструирование малогабаритных приемников (237). Конструирование радиоаппаратуры (243). Монтаж радиоаппаратуры (249). Печатный монтаж (252). Предотвращение наводок и паразитных связей (256). Самодельные детали для транзисторных приемников (259). Осторожно, опасно для жизни! (261). Литература (263).



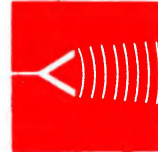
**ГЛАВА ДЕСЯТАЯ. РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ** (265). Измерение постоянного тока и напряжения (265). Измерение переменных токов и напряжений (267). Особенности измерения токов и напряжений в радиоаппаратуре (268). Измерение сопротивления (271). Измерение емкости (272). Измерение индуктивности (273). Гетеродинный индикатор резонанса (ГИР) (275). Настройка и налаживание ГИР (277). Методика применения ГИР (278). Литература (279).



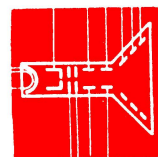
**ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ. НАЛАЖИВАНИЕ РАДИОПРИЕМНИКОВ И ИХ РЕМОНТ** (281). Налаживание усилителей и приемников (281). Налаживание усилителя низкой частоты (285). Налаживание приемника прямого усиления (288). Налаживание супергетеродинного приемника (291). Настройка супергетеродинного приемника без сигнал-генератора (297). Литература (299).



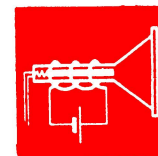
**ГЛАВА ДВЕНАДЦАТАЯ. УЛЬТРАКОРОТКИЕ ВОЛНЫ** (300). УКВ (300). Антенны для ультракоротких волн (306). УКВ радиостанция (312). Приемник для «охоты на лис» (316). Самодельные приборы для налаживания любительской УКВ аппаратуры (319). Литература (322).



**ГЛАВА ТРИНАДЦАТАЯ. ТЕЛЕВИДЕНИЕ** (323). Принципы телевидения (323). Число строк и полоса частот (328). Кинескоп (329). Литература (335).



**ГЛАВА ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ. ДОСТИЖЕНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ** (338). Экскурсия в мир радиоэлектроники (338). Микроэлектроника наступает (353). Литература (357).





# ПРЕДИСЛОВИЕ

С каждым годом радио и телевидение играют все более важную роль в культурной и политической жизни советского народа.

Радиоэлектроника все глубже проникает в различные отрасли народного хозяйства, находит широкое применение в науке и медицине.

«Будут обеспечены, — говорится в Программе КПСС, — завершение радиофикации страны, строительство телевизионных центров, охватывающих все промышленные и сельскохозяйственные районы».

Широкий размах радиофикации, бурное развитие телевидения, интенсивное внедрение радиоэлектроники в народное хозяйство вызвали большую тягу нашего народа к радиотехническим знаниям и значительный рост радиолюбительства.

«Радиолюбительство, — пишет академик А. И. Берг, — это целая армия активных экспериментаторов и конструкторов, быстро растущих и ненасытно впитывающих все новое и полезное. Это наши замечательные и часто еще плохо используемые резервы в великом наступлении радиоэлектроники во все отрасли народного хозяйства»<sup>1</sup>.

Одним из важнейших факторов, способствующих повышению радиотехнических знаний в нашей стране и развитию радиолюбительства, является массовая научно-популярная литература.

Особенно велик спрос на литературу для начинающих радиолюбителей.

Вместе с тем издание литературы для начинающих и юных радиолюбителей становится очень важным делом в свете задач политехнизации школы, вовлечения нового пополнения в ряды радиолюбителей и тем самым повышения радиотехнической грамотности советского народа.

Программы радиокружков, разработанные для первичных организаций ДОСААФ и для внешкольной работы, охватывают довольно большой круг тем, изучение которых сочетается с практикой конструирования и налаживания радиоаппаратуры. Занятия в радиокружках начинаются с важной темы, посвященной истории и значению радио, а завершаются беседой о достижениях отечественной радиотехники.

В наших журналах и в популярной радиотехнической литературе можно найти немало материалов по программам радиокружков. Однако весьма желательно иметь такое учебное пособие для начинающих радиолюбителей, в котором все эти материалы систематизированы.

Это соображение было исходным для выпуска первого издания Хрестоматии радиолюбителя. С тех пор прошло более 10 лет и вышло три издания этой книги. Они получили широкую популярность среди радиолюбителей, быстро разошлись и были переведены на украинский, болгарский и китайский языки.

Уже во второе издание Хрестоматии были внесены дополнительные материалы, которые

<sup>1</sup> Берг А. И., Наш большой праздник, Ежегодник Массовой радиобиблиотеки, изд-во «Энергия», 1964.



выходили из рамок программы радиокружков. Особенно много изменений и дополнений внесено в третье и в предлагаемое читателям четвертое издание.

Теперь Хрестоматия представляет собой учебное пособие не только для радиокружков, но и для начинающих радиолюбителей, изучающих радиотехнику самостоятельно. В ней собран обширный материал по всем основным разделам радиолюбительского творчества.

Составители старались поместить в Хрестоматию наиболее доходчивые и хорошо иллюстрированные статьи из журналов и выдержки из книг.

В четвертое издание включены новые главы: «Радиолюбительские измерения» и «Проигрыватели и магнитофоны». Ряд статей переработан и написан заново. История советского радиолюбительства написана в виде основных хронологических дат, представляющих интерес для широкого круга читателей.

Учитывая углубление технических знаний наших читателей, мы исключили из Хрестоматии основы электротехники, которые проходят в школьной программе.

Глава 3 дана в новой редакции; в ней отражен новый ГОСТ на условные графические обозначения.

В главу 5 добавлены статьи «Комбинированные лампы» и «Лампы с холодным катодом». Материал о транзисторах взят из широко популярной книги Е. Айсберга «Транзистор?... — Это очень просто!»

Глава 6 пополнена материалом об источниках питания транзисторных приемников.

Значительно обновлены главы 7, 9, 11 и 12.

В главе 7 читатели найдут ряд новых описаний любительских транзисторных приемников.

Глава 9 представляет собой теперь довольно полное руководство по конструированию и монтажу радиолюбительской аппаратуры.

Глава 11 пополнена материалами по налаживанию усилителей и радиоприемников, а глава 12 — описанием приемника для «охоты на лис» и новой конструкции УКВ радиостанции.

В главу 13 помещена новая статья А. А. Жигарева «Кинескоп».

Заново написана заключительная глава.

Составители старались подобрать для Хрестоматии материалы, написанные наиболее доходчиво и понятно для начинающих радиолюбителей. Однако некоторые статьи рассчитаны на руководителей радиокружков и более подготовленных радиолюбителей, желающих углубить свои знания.

Должны предупредить читателей, что книг и брошюр, перечисленных в списках литературы к каждой главе Хрестоматии, уже нет в продаже и ознакомиться с ними можно только через библиотеки, за исключением тех книг, которые выйдут в текущем году.

Выпуская в свет четвертое, переработанное издание Хрестоматии радиолюбителя, составители и редакция с благодарностью примут отзывы, пожелания и замечания по этой книге, которые просим присылать по адресу: Москва, Ж-114, Шлюзовая наб., 10, издательство «Энергия» редакции Массовой радиобиблиотеки.

*В. Бурлянд, И. Жеребцов*





## *Глава первая*

# ИСТОРИЯ И ЗНАЧЕНИЕ РАДИО

### АЛЕКСАНДР СТЕПАНОВИЧ ПОПОВ <sup>1</sup>

В Москве, на Ленинских горах, на широкой площади парка, разбитого у подножия величественного здания Московского государственного университета имени Ломоносова, есть аллея знаменитых русских ученых, олицетворяющих славу отечественной науки.

У выхода из аллеи к университету, с правой стороны, помещен бюст Александра Степановича Попова, гениального изобретателя радио. Он как бы прислушивается к песне, льющейся из мощного громкоговорителя, установленного над барельефом, венчающим вход в здание университета.

В это же время миллионы громкоговорителей по всей необъятной нашей стране поют ту же песню, которая раздается здесь, на Ленинских горах. Ее слушают в колхозных клубах и в трансибирских экспрессах, в матросских кубриках черноморских кораблей и в санаториях на Рижском взморье.

На полярных станциях начался дневной радиобмен. Передают сводки погоды. «Эфир» наполнен голосами дикторов, музыкой, пением, дробью быстродействующих телеграфных аппаратов.

У экранов телевизоров миллионы «болельщиков» смотрят футбольный матч.

День советского радио в разгаре.

И всему этому широчайшему развитию радио положил начало человек, у бюста которого остановились сейчас экскурсанты.

Экскурсовод уже успел сообщить им, что А. С. Попов родился 16 марта <sup>1</sup> 1859 г. в семье священника, пос. Турьинские рудники Верхотурского уезда Пермской губ. на Урале (ныне Краснотурьинск Свердловской обл.) и ему было 36 лет, когда он изобрел радио.

Перед нами возникает яркий образ ученого-патриота, работавшего не покладая рук для счастья своего народа.

С детских лет будущий изобретатель радио проявлял интерес к технике. Любимым его занятием была постройка разного рода двигателей, приводимых в движение с помощью текущей воды. У него была также склонность к ремеслам. А. С. Попов с юных лет научился плотничьему и столярному делу. Трудовые навыки, полученные в детстве и юности, помогали впоследствии ученому во всех его опытах.

Свое образование А. С. Попов начал в Долматовском духовном училище, расположенном в 700 км от родительского дома; затем он переехал в Екатеринбург (ныне Свердловск), где жила его старшая сестра, и продолжал учение в местном духовном училище.

<sup>1</sup> По разным источникам.

<sup>1</sup> В статье все даты даны по новому стилю.





Бюст А. С. Попова у здания Московского университета.

С 1873 г. он учился в Пермской духовной семинарии, где все свободное время занимался самообразованием в области физики и математики, потому что в семинарской программе этим предметам отводилось второстепенное место. В 1877 г., окончив общеобразовательные классы семинарии, А. С. Попов поступил на математическое отделение физико-математического факультета Петербургского университета, сыгравшего решающую роль в формировании его научных взглядов и выборе направления работы.

Физико-математический факультет Петербургского университета без преувеличения можно назвать колыбелью отечественной электротехники.

В те годы электротехника была отделом физики, а специальное электротехническое образование только начинало вводиться. Передовые электротехники вышли из числа физиков, самостоятельно изучавших применение электричества в лабораториях, на практике и по литературе.

В университетские годы А. С. Попова на физико-математическом факультете работали та-

кие блестящие представители русской науки, как П. Л. Чебышев, А. М. Бутлеров, Д. И. Менделеев. Кафедрой физики ведал Ф. Ф. Петрушевский, отлично поставивший практические занятия в лабораториях. Ф. Ф. Петрушевский и его ученики И. И. Боргман и О. Д. Хвольсон были первыми преподавателями курса электротехники, называвшегося тогда «Электричество и магнетизм».

Изучая в университете теоретические вопросы электротехники, А. С. Попов занимается и ее практическим применением. Он работает электромонтером на одной из первых электростанций Петербурга, участвует в проводке электрического освещения на Невском проспекте, в 1880 г. работает экскурсоводом на первой электротехнической выставке.

В 1882 г., окончив университет и защитив диссертацию на тему «О принципах магнито- и динамо-электрических машин постоянного тока», А. С. Попов был оставлен при кафедре физики для подготовки к профессорской деятельности.

Но через год после окончания университета А. С. Попов покинул его, приняв предложение Морского ведомства перейти на преподавательскую работу в Кронштадтский минный класс.

Минный офицерский класс был первым электротехническим учебным заведением в России. Здесь имелись лаборатории, значительно превосходившие университетские. В Минном классе работали многие выдающиеся русские электротехники, велась большая научно-исследователь-



Александр Степанович Попов.



Генрих Герц.

ская работа по электричеству и магнетизму, а физический кабинет школы по праву считался лучшим в России.

Вот почему молодой ученый предпочел скромную работу ассистента в Минном офицерском классе занятиям в университете. Его привлекала возможность серьезно заняться электротехникой.

Деятельность А. С. Попова, предшествовавшая изобретению радио, — это неутомимые исследования в области электричества, магнетизма и электромагнитных волн. Они позволили А. С. Попову поставить на службу человечеству электромагнитные волны.

В Кронштадте ученый прожил 18 лет. С этим периодом его жизни связаны все основные изобретения и работы по оснащению русского флота радиосвязью.

Своим изобретением А. С. Попов подвел итог работы большого числа ученых ряда стран мира. Еще в середине XVIII в. гениальный русский ученый-энциклопедист Михаил Васильевич Ломоносов, утверждая, что свет распространяется колебательным движением подобно волнам, положил начало ряду блестящих исследований и открытий, доказавших родство двух явлений природы: световых и электрических.

Исключительно важные исследования великого английского физика Майкла Фарадея (1791—1867) — создателя учения об электромагнитном поле, его выдающегося соотечественника Джемса Максвелла (1831—1879) и знаменитого немецкого физика Генриха Герца

(1857—1894) привели к полному перевороту в представлениях об электрических явлениях. Электромагнитная теория света Максвелла, исследования Герца, доказавшего существование электромагнитных волн, послужили прочным научным фундаментом для напряженной работы А. С. Попова.

Ближе всего к изобретению радио подходили француз Э. Бранли, хорват Н. Тесла, англичанин О. Лодж, индеец Дж. Ч. Бос (Бозе), итальянец А. Риги.

Но только русскому ученому А. С. Попову после настоячивых трудов удалось перейти от теоретических изысканий к построению практически действующего прибора.

Еще в 1889 г. А. С. Попов пришел к выводу, что электромагнитные волны можно использовать для беспроволочной связи, и эту мысль он высказал в своих докладах.

7 мая 1895 г. на заседаниях Русского физико-химического общества А. С. Попов выступил с докладом и демонстрацией созданного им первого в мире радиоприемника.

Этот день вошел в историю мировой науки и техники как день рождения радио.

Первая публикация об этом событии появилась в газете «Кронштадтский вестник» на пятый день после исторического доклада А. С. Попова — в № 51 от 12 мая 1895 г., где сказано:

«Уважаемый преподаватель А. С. Попов, делая опыты с порошком, комбинирует особый переносный прибор, отвечающий на электрические колебания обыкновенным электрическим звонком и чувствительный к герцевским волнам на открытом воздухе на расстоянии до 30 сажень.

Об этих опытах А. С. Поповым в прошлый вторник было сделано сообщение в физическом отделении Русского физико-химического общества; оно было встречено с большим интересом и сочувствием.

Поводом ко всем этим опытам служит теоретическая возможность сигнализации на расстоянии без проводников, наподобие оптического телеграфа, но при помощи электрических лучей».

Зимой 1895/96 г. А. С. Попов занимался усовершенствованием аппаратуры для беспроволочной связи. В течение января — апреля 1896 г. он прочел три лекции с демонстрацией разработанных им приборов, над усовершенствованием которых он работал. 31 января 1896 г., демонстрируя свой радиоприемник в Кронштадтском отделении Русского технического общества, А. С. Попов отметил желательность испытания его на более значительных расстояниях.

Передача сигналов велась с помощью вибратора Герца, расположенного в другом зале.





Броненосец «Генерал-адмирал Апраксин» на камнях у Гогланда. Около него ледокол «Ермак».

Спустя 2 года во время опытов по радиосвязи летом 1897 г. ученый совместно со своим помощником Павлом Николаевичем Рыбкиным установил связь между учебными кораблями «Европа», «Африка» и берегом на расстоянии 5 км.

Тогда же было обнаружено, что электромагнитные волны отражаются от кораблей. А. С. Попов сделал вывод о возможности практического использования этого явления, изложив отправные идеи, положенные теперь в основу радионавигации и радиолокации.

Весной 1899 г. П. Н. Рыбкин и капитан Д. С. Троицкий во время опытов по радиосвязи на Транзундском рейде обнаружили возможность приема радиосигналов на слух при помощи телефонной трубки. В связи с этим открытием А. С. Попов разработал первый в мире радиоприемник с телефонной трубкой.

Этот приемник демонстрировался в 1900 г. на Международной парижской выставке. Изобретателю была присуждена золотая медаль. Осенью 1899 г. А. С. Попов провел испытания радиостанций на трех броненосцах Черноморского флота и достиг дальности связи свыше 20 км.

Во время этих опытов впервые для радиостанций были применены позывные.

Но подлинным триумфом радиосвязи в России была Гогландская эпопея. В первые дни XX в. А. С. Попов осуществил радиосвязь на расстоянии свыше 40 км между о. Гогланд и

о. Кутсало, недалеко от г. Котка в Финляндии. Эта первая в мире практическая линия беспроволочной связи обслуживала спасательную экспедицию по снятию с камней броненосца «Генерал-адмирал Апраксин», севшего на камни у южного берега о. Гогланд.

6 февраля 1900 г. А. С. Попов передал из г. Котки на о. Гогланд радиограмму. Она содержала приказание ледоколу «Ермак» выйти на помощь рыбакам, унесенным на льдине в море. Ледокол выполнил приказ, и рыбаки были спасены.

Последующей своей регулярной работой беспроволочный телеграф на линии Гогланд — Котка доказал преимущества радиосвязи. Успешное ее применение послужило толчком к «введению беспроволочного телеграфа на боевых судах как основного средства связи», о чем гласил приказ по Морскому ведомству.

Радио, начавшее свою практическую историю спасением людей, унесенных в море, стало новым прогрессивным видом связи XX в. Начались работы по оборудованию радиостанциями русского военно-морского флота, в которых участвовал и сам изобретатель радио. Этой работы он не оставил и после назначения его профессором физики Петербургского электротехнического института (сентябрь 1901 г.).

К лету 1901 г. А. С. Попов сконструировал новые, так называемые резонаторные радиостанции, отличавшиеся точной настройкой, и

осенью испытал их во время перехода Черноморской эскадры из Севастополя в Новороссийск, осуществив двустороннюю радиосвязь на расстоянии 150 км. Этой же осенью он создал первую линию радиосвязи для нужд речного судоходства в Ростове-на-Дону между портом и плавающим маяком в дельте Дона.

В 1902 г. по инициативе А. С. Попова была сооружена первая на Украине линия радиосвязи. Она связала на расстоянии 20 км через Днепр г. Херсон и Голую Пристань, где были установлены приемно-передающие радиостанции. Они заменили телеграфную линию длиной 150 км, которую нужно было бы провести в обход. Постройка радиостанций обошлась в 6 раз дешевле, а главное была осуществлена во много раз скорее, чем предполагавшееся строительство проволочной телеграфной линии. Организация радиосвязи через Днепр еще раз доказала огромное преимущество изобретения А. С. Попова.

Теперь в Херсоне, на стене дома, где находилась радиостанция, висит мемориальная доска с надписью: «В этом доме в 1902 году по инициативе изобретателя радио Александра Степановича Попова была оборудована первая на Украине гражданская радиостанция. Отсюда впервые осуществлена беспроволочная связь Херсона с Голой Пристанью».

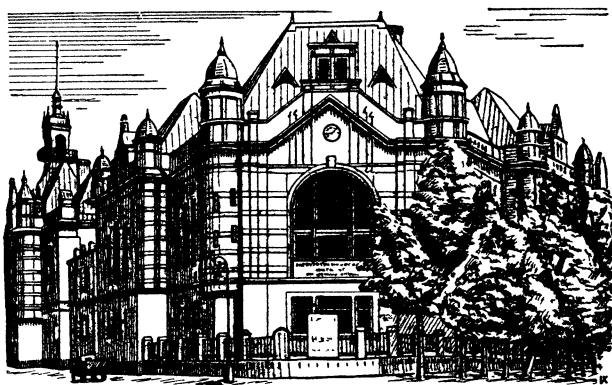
А. С. Попов не только изобрел первый в мире радиоприемник и осуществил первую в мире радиопередачу, но и обосновал главные принципы радиопередачи. Он дал и разработал идею усиления, применил приемную антенну, создал новую научно-техническую дисциплину — радиоизмерения.

А. С. Попов создал первые походные армейские радиостанции и успешно провел работы, доказавшие возможность применения радио в сухопутных войсках, в артиллерии и для воздухоплавания.

Созданием Кронштадтских мастерских по изготовлению приборов для телеграфирования без проводов А. С. Попов положил начало отечественной радиопромышленности.

Благодаря А. С. Попову впервые в России (1902 г.) началось преподавание радиотехники в высшем учебном заведении. Литографированное издание его лекций по телеграфированию без проводов, прочитанных в Электротехническом институте, было одним из первых учебных пособий по радиотехнике.

В последние годы жизни Александра Степановича занимала проблема радиотелефонирования. Он руководил опытами молодого физика С. Я. Лифшица по радиотелефонированию с помощью искрового передатчика. В феврале 1904 г. А. С. Попов выступил на III Всероссийском электротехническом съезде с докладом «О но-



Ленинградский электротехнический институт имени В. И. Ульянова (Ленина), в котором с 1901 по 1906 г. работал А. С. Попов.

вейших успехах телеграфирования и телефонирования без проводов», сопровождавшимся демонстрацией радиотелефонной передачи.

Ученый предсказал возможность соединения линии радиосвязи с проводными линиями и установку на таких линиях трансляций, чтобы обеспечить передачу сигналов на большие расстояния. Поэтому он считал весьма важным осуществление телефонной трансляции.

По указанию А. С. Попова разработку этой проблемы вел его ученик В. И. Коваленков (впоследствии член-корреспондент Академии наук СССР), успешно разрешивший эту сложную задачу.

Ученый-патриот Александр Степанович Попов был общественным деятелем. Он придавал большое значение научно-технической общественности. По его инициативе в 1893 г. в Кронштадте было создано отделение Русского технического общества, в руководстве которым ученый принимал участие в течение ряда лет.

В разгар революционных событий, в октябре 1905 г., А. С. Попов стал первым выборным директором Петербургского электротехнического института.

В том же месяце он подписал в качестве председателя Совета Электротехнического института протокол с политическими требованиями преподавателей института и протокол с требованием снять охрану у входов в институт и обеспечить возможность устройства митингов. Постоянные волнения, тревоги, связанные с арестами студентов, обысками, репрессиями со стороны властей, подточили слабое здоровье А. С. Попова и привели его к преждевременной смерти от кровоизлияния в мозг, последовавшей 13 января 1906 г.

За день до смерти А. С. Попов должен был стать председателем физического отделения Русского физико-химического общества, на заседа-





Открытие памятника А. С. Попову на Кировском проспекте в Ленинграде 22 марта 1959 г.

ниях которого не раз были заслушаны исторические доклады, связанные с изобретением радио. Избраним А. С. Попова товарищем председателя общества в 1904 г. (с переходом на следующий год председателем в соответствии с уставом) русские ученые подчеркнули выдающиеся заслуги гениального изобретателя перед отечественной наукой и как бы подвели итоги большой работы А. С. Попова по пропаганде научных и технических знаний. Она началась еще в 1886 г. лекциями о новейших достижениях электротехники, которые А. С. Попов читал в Кронштадтском собрании, и продолжалась до последних дней жизни ученого.

На своих публичных лекциях он выступал как замечательный популяризатор, сочетая глубокое изложение предмета с исключительно блестящими демонстрациями приборов, многие из которых делал сам.

«Надо не только рассказывать о явлениях природы, но и показывать эти явления так, чтобы они запомнились на всю жизнь», — говорил Александр Степанович.

Начиная с 1895 г., деятельность А. С. Попова была посвящена популяризации беспроводного телеграфа.

Великий изобретатель радио сам являлся первым пропагандистом радиотехнических знаний. Видя общенародное значение своего изобретения, А. С. Попов стремился как можно шире популяризовать достижения в области радиосвязи. Он читал публичные лекции с демонстрацией телеграфа без проводов, используя для этого аудитории учебных заведений и трибуны различных съездов. Три последние свои лекции о беспроводном телеграфе А. С. Попов прочел на съезде учителей народных школ (август 1905 г.). Популярность А. С. Попова росла. Этому способствовали и первые описания самодельных приборов для устройства беспроводного телеграфа. Так, например, уже в 1898 г. в «Журнале новейших открытий и изобретений» была опубликована статья «Домашнее устройство опытов телеграфирования без проводов», в которой описывались самодельные радиоприемник и радиопередатчик. Эти приборы позволили проводить опыты радиотелеграфирования на расстоянии до 25 м.

Велики заслуги Александра Степановича Попова, хотя и коротка была его жизнь.

Радиотелеграф, созданный его гением, был тем началом, из которого родились современные радиовещание, телевидение, радиотелеграфификация, радиотелемеханика, радионавигация и радиолокация.

Двадцатипятилетие изобретения молодая советская республика в условиях гражданской войны и разрухи отметить не могла, зато 30-летие отмечалось широко. Инициатором была Нижегородская радиолaborатория и ее сотрудник — выдающийся пропагандист радиотехнических знаний профессор Владимир Константинович Лебединский. В ноябре 1924 г. инициативу Нижегородской радиолaborатории поддержала I Всесоюзная электротехническая конференция. Тридцатилетие изобретения радио праздновалось в 1925 г. в Москве, Ленинграде, Нижнем Новгороде и ряде других городов.

К юбилею изобретения радио было приурочено открытие I Всесоюзной радиовыставки в Московском Политехническом музее. Приказом Реввоенсовета республики Сокольнической радиовещательной станции и Кронштадтской электроминной школе было присвоено имя А. С. Попова.

В 1935 г. научно-техническая и радиолюбительская общественность отметила 40-летие изобретения радио. В связи с этой знаменательной датой Песочная улица в Ленинграде, на которой находится Электротехнический институт имени В. И. Ульянова-Ленина, была переименована

в улицу профессора Попова. 7 мая в Москве в большом зале Политехнического музея состоялся торжественный вечер, посвященный 40-летию юбилею со дня изобретения радио. В Ленинградском Доме техники с мая по ноябрь 1935 г. работала выставка «40 лет радио». Была проведена I Всесоюзная заочная радиовыставка, родоначальница последующих Всесоюзных выставок радиолюбительского творчества.

2 мая 1945 г. Совет Народных Комиссаров СССР издал постановление «Об ознаменовании 50-летия со дня изобретения радио А. С. Поповым». Этим постановлением устанавливался 7 мая ежегодный День радио, учреждалась золотая медаль имени А. С. Попова и значок «Почетный радист».

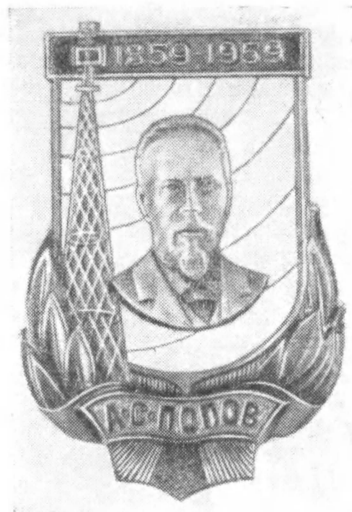
В дни заключительных боев, которые советская армия вела против фашизма, в СССР было торжественно отмечено 50-летие со дня изобретения радио.

Юбилейное торжественное заседание было проведено в Государственном академическом Большом театре Союза ССР. Торжественные заседания, посвященные 50-летию изобретения радио, проводились 7 мая 1945 г. по всей стране.

12 мая в Кронштадте, где в Минном офицерском классе (ныне Краснознаменной школе связи имени А. С. Попова) 18 лет работал А. С. Попов, состоялось торжественное открытие памятника изобретателю радио.

На здании школы связи была установлена мемориальная доска.

14 мая в Москве в Политехническом музее открылась юбилейная радиовыставка «50 лет радио», а 15 мая — Всесоюзная научно-техни-



Нагрудный значок в честь 100-летия со дня рождения А. С. Попова.

ческая конференция, посвященная 50-летию со дня изобретения радио А. С. Поповым. Конференция постановила выделить из Всесоюзного научного инженерно-технического общества энергетики и электросвязи самостоятельное Всесоюзное научно-техническое общество радиотехники и электросвязи имени А. С. Попова (НТОРиЭ). В дальнейшем ежегодные Всесоюзные научно-технические конференции в ознаменование Дня радио проводились НТОРиЭ имени А. С. Попова совместно с заинтересованными организациями. Академия наук СССР издала к 50-летию юбилею сборник «50 лет радио» — «Изобретение радио А. С. Поповым» под редакцией А. И. Берга. Другой том этого сборника «Из предистории радио» вышел под редакцией Л. И. Мандельштама в 1948 г.

В 1959 г. широко отмечалось 100-летие со дня рождения А. С. Попова. 16 марта на торжественном собрании во Дворце спорта Центрального стадиона имени В. И. Ленина присутствовало свыше 10 тыс. человек. После краткой вступительной речи президента Академии наук СССР А. Н. Несмеянова с докладом «А. С. Попов, радиоэлектроника и прогресс» выступил академик А. И. Берг.

Была выпущена бронзовая медаль и нагрудный значок, которыми Оргкомитет наградил по поручению Президиума Академии наук Союза ССР свыше 2 тыс. человек за заслуги в деле развития и практического применения радиотехники, радиоэлектроники и электросвязи.

В Ленинграде, на Кировском проспекте, 22 марта был открыт памятник А. С. Попову, созданный скульптором В. Боголюбовым.



Памятная настольная медаль, выпущенная в ознаменование 100-летия со дня рождения А. С. Попова.



В Москве в Политехническом музее была открыта юбилейная выставка, на которой наряду с лучшими образцами радиоаппаратуры отечественной радио- и электронной промышленности демонстрировались конструкции, выполненные радиолюбителями. Одновременно с открытием выставки там же состоялось торжественное открытие мемориальной доски. Мемориальные доски были открыты в других памятных местах, связанных с жизнью и деятельностью А. С. Попова: в Кронштадте, на стене дома по улице Аммермана, где жил ученый; в Высшем военноморском инженерном училище имени Ф. Э. Дзержинского, где А. С. Попов работал преподавателем (тогда это было Морское инженерное училище); в физической аудитории Ленинградского электротехнического института имени В. И. Ульянова (Ленина), где в 1903—1905 гг. А. С. Попов читал лекции. Имя А. С. Попова было присвоено Научно-исследовательскому институту радиовещательного приема и акустики (ИРПА) в Ленинграде и Куйбышевской радиовещательной станции.

В Москве состоялась Всесоюзная юбилейная научно-техническая конференция НТОРиЭ, посвященная развитию радиоэлектроники.

По всей стране состоялись торжественные заседания и многолюдные собрания трудящихся, юбилейные научные сессии и научно-технические конференции.

Министерство связи СССР выпустило специальные почтовые марки и конверты, посвященные юбилею изобретателя радио.

В ряде республиканских и областных центров были организованы выставки промышленной радиоаппаратуры и радиолюбительского творчества.

ЦК ДОСААФ провел ряд всесоюзных соревнований коротковолновиков и международные радиотелеграфные соревнования на кубок имени А. С. Попова.

Центральным радиоклубом ДОСААФ утвержден специальный диплом имени А. С. Попова «Работал со 100 радиолюбительскими станциями Советского Союза». Этот диплом, ставший теперь постоянным, присуждается советским и зарубежным радиолюбителям.

Сто семь лет прошло со дня рождения Александра Степановича Попова, 70 лет исполнилось в 1965 году его детищу — радио. За это время радио, ставшее могучим средством технического прогресса, прошло гигантский путь развития. И невольно вспоминаются слова профессора В. К. Лебединского, написанные в 1925 г.: «Высоким и непоколебимым памятником незабвенному изобретателю является тот богатый всход, который дали брошенные им семена. Дело А. С. Попова продолжают в СССР замечательные коллективы ученых, инженеров, техников и рабочих в содружестве с многотысячной армией радиолюбителей».

## ДЕНЬ РАДИО <sup>1</sup>

День радио — праздник социалистической науки и культуры, смотр наших достижений в развитии радиовещания, телевидения и радиодиффракции, радиотехники и радиолюбительства. В этот день советский народ чествует патриотов социалистической Родины, внедряющих радио в жизнь, смело прокладывающих новые пути в науке, отдающих все свои силы и знания строительству коммунистического общества.

Ко Дню радио приурочиваются научные сессии Всесоюзного научно-технического общества радиотехники и электросвязи имени А. С. Попова, проводимые совместно с Всесоюзным советом по радиофизике и радиотехнике Академии наук СССР и другими организациями. На этих сессиях, собирающих ведущих ученых и инженеров, подводятся итоги года, обсуждаются актуальные технические проблемы и сосредоточивается внимание на нерешенных вопросах. Радиолюбительская общественность

страны отмечает День радио многочисленными выставками радиолюбительского творчества, различными соревнованиями и вечерами.

День радио был установлен Советским правительством в постановлении от 2 мая 1945 г.

В постановлении правительства «Об ознаменовании 50-летия со дня изобретения радио А. С. Поповым говорилось: *«Учитывая важнейшую роль радио в культурной и политической жизни населения и для обороны страны, в целях популяризации достижений отечественной науки и техники в области радио и поощрения радиолюбительства среди широких слоев населения, установить 7 мая ежегодный День радио».*

В установлении Дня радио отражается признание государственной важности радио как замечательного средства связи и могучего орудия коммунистического воспитания трудящихся. Этим же постановлением учреждались Золотая медаль имени А. С. Попова и значок «Почетный радист».

Золотая медаль имени А. С. Попова до 1951 г. присуждалась ежегодно, а теперь один раз

<sup>1</sup> По разным источникам.

в 3 года в одном экземпляре советским и зарубежным ученым за выдающиеся научные работы и изобретения в области радио.



Золотая медаль имени А. С. Попова.

За истекшие годы золотая медаль имени А. С. Попова присуждена: члену-корреспонденту АН СССР Валентину Петровичу Вологдину (за 1947 г.), академику Борису Алексеевичу Введенскому (1948 г.), академику Александру Львовичу

Минцу (1949 г.), академику Акселю Ивановичу Бергу (1950 г.), академику Михаилу Александровичу Леонтовичу (1951 г.), члену-корреспонденту АН СССР Александру Александровичу Пистолькорсу (1955 г.), доктору физико-математических наук Сергею Михайловичу Рытову и английскому ученому доктору Льюису Эссену, сотруднику Национальной физической лаборатории, по представлению Королевского общества (Английской академии наук) (1959 г.), академику Сергею Аркадьевичу Векшинскому (1962 г.) и профессору, доктору физико-математических наук Семену Эммануиловичу Хайкину (1965 г.)



Значок «Почетный радист».

Значок «Почетный радист» учрежден для награждения лиц, способствовавших развитию радио своими достижениями в области науки, техники, производства и эксплуатации средств радио и организации радиовещания.

## ОТ ПОПОВА ДО НАШИХ ДНЕЙ <sup>1</sup>

После смерти А. С. Попова группа талантливых ученых и инженеров продолжает его дело в нашей стране.

Уже в 1907 г. ученики А. С. Попова добиваются согласия Морского ведомства на перевод созданных А. С. Поповым Кронштадтских мастерских в Петербург, и в 1910 г. здесь начинает работать «Радиотелеграфное депо» — первый русский радиозавод, сыгравший большую роль в борьбе за освобождение России от иностранной зависимости в области радио.

Здесь работали выдающиеся русские радиоспециалисты, продолжатели дела А. С. Попова: М. В. Шулейкин, И. Г. Фрейман, А. А. Петровский, Н. Н. Циклинский и др.

Эта группа ученых явилась тем ядром, из которого впоследствии разрослось несколько школ советских радиоспециалистов, плодотворно работавших над развитием и укреплением советской радиотехники.

С «Радиотелеграфным депо» было связано и начало деятельности в области радиотехники В. П. Вологодина, выполнившего по заданию «Радиотелеграфного депо» первый русский ге-

нератор повышенной частоты. Впоследствии машины высокой частоты В. П. Вологодина получили широкую известность.

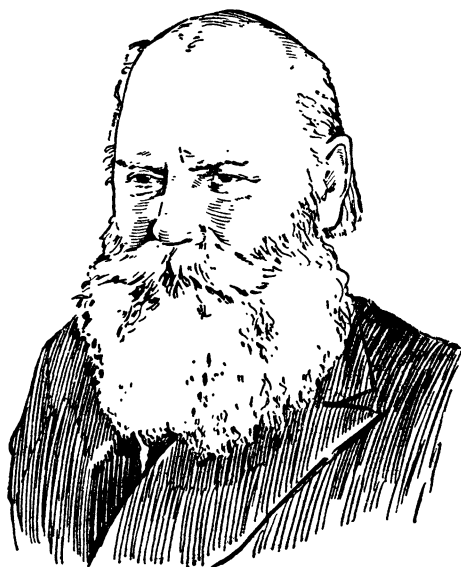
В 1907 г. профессор Петербургского технологического института Борис Львович Розинг заложил основы современного электронного телевидения, получив патент на «способ электрической передачи изображения на расстоянии».

9 мая 1911 г. Б. Л. Розинг сконструировал действующую модель телевизионной установки и получил первое в мире простейшее изображение на экране электронно-лучевой трубки. Слава А. С. Попова была приумножена. Наша страна благодаря трудам Б. Л. Розинга стала родиной современного электронного телевидения.

В 1914 г. на Петербургском заводе Российского общества беспроволочных телеграфов и телефонов (РОБТиТ), в лаборатории которого работал Н. Д. Папалекси (впоследствии академик), стали изготавливать электронные лампы. Они были не чисто вакуумными и работали при небольшом давлении ртутных паров. На этих лампах Н. Д. Папалекси осуществил радиотелефонную передачу из Петербурга в Царское Село.

Производство первых вакуумных приемных радиоламп начал в России Михаил Александрович

<sup>1</sup> По разным источникам.



Валентин Петрович Вологдин.

вич Бонч-Бруевич на Тверской приемной радиостанции в 1916 г. Аноды ламп делались из железной сетки в целях лучшей теплоотдачи, а для удлинения срока службы ламп в них были вставлены два катода на цоколях, расположенных друг против друга. Когда сгорал один катод, лампу переворачивали и включали другой. Применение двух катодов вызывалось трудностями откачки ламп. Эти лампы успешно конкурировали с заграничными, стоили они в 6 раз дешевле и работали в 30 раз дольше импортных. Тверь понемногу снабжала лампами Петроград и радиостанции фронтов.

Ученик А. С. Попова В. И. Коваленков демонстрировал в 1914 г. делегатам съезда инженеров-электриков первую в мире телефонную двустороннюю трансляцию с ламповым усилителем.

Эта установка, разработанная в Электротехническом институте по совету А. С. Попова, заложила прочную основу для дальнейшей связи по проводам и радио.

Но усилия небольшого числа передовых русских радиоспециалистов, стремившихся освободиться от иностранной зависимости в развитии радиодела, увенчались успехом только в отношении военно-морского флота благодаря созданию «Радиотелеграфного депо».

Радио, доставившее славу его изобретателю и русской науке, в последующие годы стало предметом спекуляции и наживы иностранных предпринимателей, пользовавшихся отсталостью царской России и продажностью ее правящих кругов.

Великая Октябрьская социалистическая революция принесла трудам Попова всенародное признание и способствовала широчайшему развитию радиотехники.

В Советской России радио стало важнейшим видом связи и информации, одним из главных средств политического и культурного воспитания трудящихся.

В октябрьские дни 1917 г. радио связало руководящие органы революции со всей страной.

Первая радиопередача, обращенная к народу, состоялась в день победы Великой октябрьской социалистической революции. 7 ноября 1917 г. Радиостанция крейсера «Аврора» оповестила мир о том, что Временное правительство низложено и государственная власть в России перешла в руки пролетариата.

Великий Ленин первым оценил радио не только как важнейший вид связи, но и как лучшее средство пропаганды, агитации, мобилизации широких народных масс.

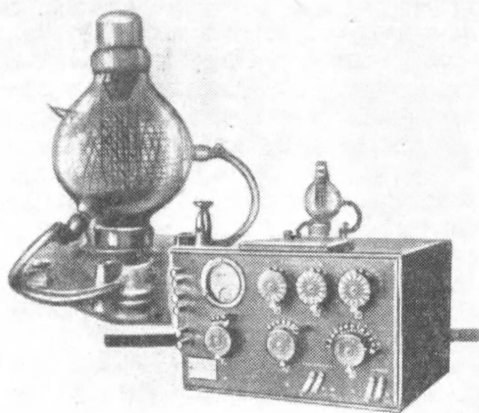
Начиная с октября 1917 г., радиотелеграф часто передавал подписанные Лениным радиogramмы: «Всем, всем, всем!»

По инициативе В. И. Ленина Советом Народных Комиссаров и Советом Труда и Оборона с 1917 г. и до начала 1921 г. был принят ряд декретов, наметивших большую программу развития радиостроительства в нашей стране. Среди них был декрет Совнаркома, положивший начало организации Нижегородской радиолaborатории.



Борис Львович Розинг.





Слева — первая электронная лампа, изготовленная М. А. Бонч-Бруевичем в Твери, справа — ламповый радиоприемник, сконструированный Бонч-Бруевичем для приема незатухающих колебаний.

Нижегородская радиолaborатория, развитию которой много помог Владимир Ильич, стала колыбелью советской радиотехники. Дважды награжденная орденом Трудового Красного Знамени Нижегородская радиолaborатория со временем выросла по сути дела в научно-исследовательский радиотехнический институт государственного значения.

Здесь были разработаны первые радиовещательные передатчики, налажен серийный выпуск радиоламп.

Это направление работ определялось задачами, которые поставил перед радиолaborаторией В. И. Ленин.

Декрет Совнаркома предлагал развивать производство радиоламп с высоким вакуумом, ориентировал лабораторию на исследования в области радиотелефонии.

В конце 1919 г. в одной из комнат Нижегородской радиолaborатории звучал голос ее руководителя М. А. Бонч-Бруевича: «Алло, алло, даю счет. Раз, два, три, четыре... Как слышно?..». Велись опыты по радиотелефонированию. 19 января 1920 г. была осуществлена первая опытная радиотелефонная передача из Нижегородской радиолaborатории, а через 4 дня удалось связаться с Москвой.

5 февраля 1920 г. Владимир Ильич Ленин послал М. А. Бонч-Бруевичу свое знаменитое письмо, в котором писал:

*«Пользуюсь случаем, чтобы выразить Вам глубокую благодарность и сочувствие по поводу большой работы радиоизобретений, которую Вы делаете. Газета без бумаги и «без расстояний», которую Вы создаете, будет великим делом. Всяческое и всемерное содействие обещаю Вам оказывать этой и подобным работам».*

Это письмо взволновало и окрылило весь коллектив радиолaborатории. Больше всех был взволнован тот, кому оно было адресовано.

Правительство поручило Бонч-Бруевичу построить в Москве центральную радиотелефонную станцию с радиусом действия 2 тыс. верст. Задача была срочной, требовалось немедленно приступить к подготовительным работам.

А как приступить? Для такой радиостанции нужны были мощные лампы. Но для увеличения мощности требовалось увеличить напряжение на аноде, а это в свою очередь приводило к сильному нагреванию электродов, выделению газов, возникновению дуги между электродами или расплавлению баллона лампы. Нужны были тугоплавкие металлы для анодов ламп, такие как тантал или молибден, а о таких металлах в ту пору можно было только мечтать. В стране не было не только тантала и молибдена — не хватало хлеба и топлива.

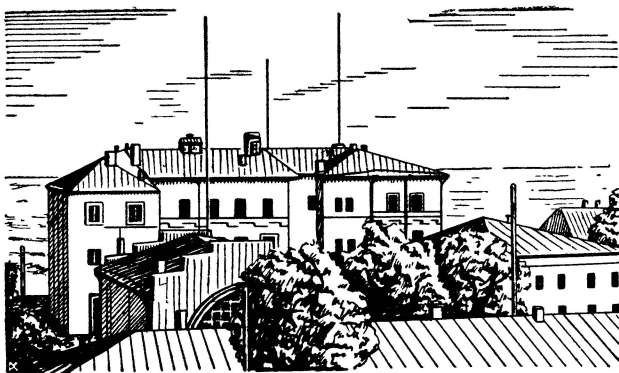
Бонч-Бруевич решился на революционный шаг. Вместо танталового анода он поставил трубку из меди. Трубка входила внутрь лампы, служа анодом, и соединялась шлангом с водопроводом.

Генераторная лампа Бонч-Бруевича утвердила новые принципы конструирования мощных генераторных электронных ламп. Конструкция мощных советских радиоламп с водяным охлаждением позже была заимствована за границей.

В это же время один из руководителей Нижегородской радиолaborатории В. П. Вологдин разрешил другую трудную проблему. Предвидя,



Михаил Александрович Бонч-Бруевич.



Здание Нижегородской радиолaborатории.

что препятствием для быстрого развития радиотелефонии явится отсутствие в СССР отечественных высоковольтных генераторов постоянного тока, он создает оригинальную схему ртутного выпрямителя.

Так было облегчено строительство не только радиотелефонных ламповых станций, разработанных М. А. Бонч-Бруевичем, но и радиотелеграфных.

В период гражданской войны, в наиболее напряженные для Советской страны дни, в Нижегородской радиолaborатории, как и во многих других исследовательских учреждениях, рождались новые научно-технические идеи.

Успешной деятельности лаборатории способствовало неослабное внимание В. И. Ленина к работам, пробивавшим новый путь в технике.

В. И. Ленин считал радиотелефон делом *«гигантски важным»*, с помощью которого, как он писал 26 января 1921 г. управделами Совнаркома, *«вся Россия будет слышать газету, читаемую в Москве»*.

В мае 1922 г. в одном из писем, направленных всем членам Политбюро, о развитии радиотехники В. И. Ленин писал, что *«ни в коем случае не следует жалеть средств на доведение до конца дела организации радиотелефонной связи и на производство вполне пригодных к работе громкоговорящих аппаратов»*.

Нижегородская радиолaborатория выполнила задание правительства. В августе 1922 г. была завершена постройка первой мощной 12-киловаттной радиовещательной станции, названной именем Коминтерна. Вскоре вступило в строй несколько десятков радиостанций местного радиовещания.

Нижегородская радиолaborатория организовала первый радиотехнический съезд, проводила широкую техническую консультацию для радиолюбителей, осуществляла издание научно-технических журналов «Телеграфия и телефония

без проводов» и «Радиотехник». Издательская деятельность, содействие изобретательству и даже составление учебных программ для подготовки кадров в области радио — все это предусматривалось положением о радиолaborатории, которое редактировал лично В. И. Ленин. Не замкнутое научное учреждение видел в радиолaborатории великий вождь пролетариата, а активное содружество научных работников с широкими массами всех радиотехников и изобретателей страны.

Владимир Ильич Ленин мечтал о митинге с многомиллионной аудиторией, он завещал создать газету без бумаги и «без расстояний».

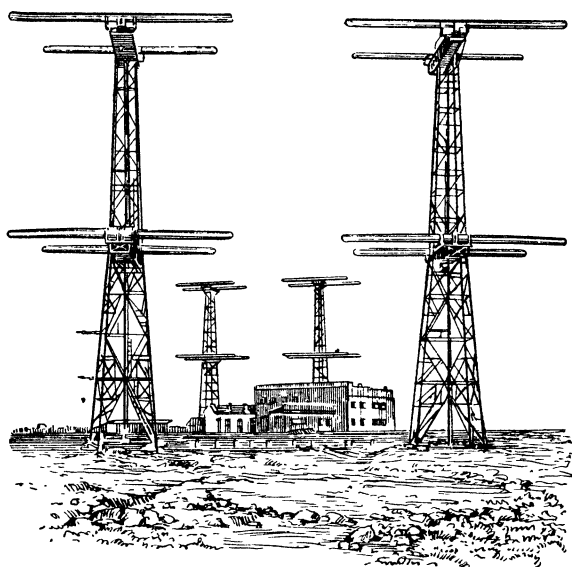
Заветы В. И. Ленина начали быстро осуществляться.

28 июля 1924 г. было издано постановление Совета Народных Комиссаров СССР «О частных приемных радиостанциях». Этот исторический документ положил начало бурному развитию радиовещания, радиофикации и радиолюбительства в нашей стране.

Осенью того же года началось систематическое вещание через новую радиостанцию Института связи в Сокольниках, отличавшуюся исключительно высоким качеством передачи. Здесь А. Л. Минц — ныне Герой Социалистического Труда, академик, совместно с И. Г. Кляцким, Н. И. Огановым и М. И. Басалаевым построили ряд радиотелефонных передатчиков нарастающей мощности: от 1,2 *квт* в 1924 г. до 20 *квт* в 1926 г. Последний передатчик (радиостанция имени Попова) был тогда крупнейшим в мире.



Академик Александр Львович Минц.



Мощная коротковолновая радиостанция.

Характерно, что первенство этот передатчик перенял у советской же 12-киловаттной радиостанции имени Коминтерна, а уступил его 40-киловаттному радиовещательному передатчику, построенному в 1927 г. в Москве М. А. Бонч-Бруевичем при участии А. М. Кугушева.

Генератор мощного радиопередатчика состоял из трех каскадов, причем оконечный каскад имел три лампы с водяным охлаждением при номинальной мощности 25 *квт* каждая. Разработав эту генераторную лампу, М. А. Бонч-Бруевич опередил все заграничные достижения в этой области.

В начале 1928 г. под руководством А. Л. Минца было организовано бюро мощного радиостроения, в состав которого входили З. И. Модель, П. П. Иванов, Н. И. Оганов и другие радиоинженеры. Первой работой бюро явилась постройка мощной 100-киловаттной радиовещательной станции имени ВЦСПС.

В проектировании и строительстве этой станции было применено много смелых технических новинок, для изучения которых иностранные фирмы присылали в Москву своих инженеров.

Вслед за радиостанцией имени ВЦСПС в течение первой пятилетки были построены еще четыре радиостанции такой же мощности.

А в 1933 г. зазвучал «голос» 500-киловаттного радиогиганта — новой станции имени Коминтерна.

Эта станция — замечательное сооружение, которому не было равного в мире. Главный строитель этой радиостанции А. Л. Минц применил для нее новый тип радиовещательной антенны и оригинальный способ построения мощного

каскада радиопередатчиков, состоявшего из шести независимых друг от друга усилительных блоков, работавших на одну общую антенну.

Одновременно со строительством длинноволновых и средневолновых передатчиков советские ученые и инженеры работали над проблемой использования коротких волн.

Пока на Западе изучали свойства радиоволн длиной 70—100 м, в Нижегородской радиолaborатории М. А. Бонч-Бруевич и В. В. Татаринов в 1923 г. перешли к экспериментам с более короткими волнами и выяснили некоторые особенности их распространения. Эти работы показали, что на двух-трех волнах можно вести практически круглосуточную радиосвязь с корреспондентами на любых расстояниях. На основе этих опытов Нижегородская радиолaborатория в 1926 г., установив коротковолновые передатчики в Москве и Ташкенте, осуществила магистральную радиосвязь Москва — Ташкент. На этих радиопередатчиках были установлены разработанные В. В. Татариновым первые магистральные коротковолновые антенны. В сентябре 1926 г. начала регулярные передачи коротковолновая радиостанция во Владивостоке, установленная Нижегородской радиолaborаторией. Эта станция поддерживала связь с Нижним Новгородом на волне 23 м.

В том же году на Сокольнической радиостанции был сооружен первый в Европе коротковолновый радиотелефонный передатчик мощностью 1 *квт*.

Дальнейшие труды наших ученых и инженеров увенчались сооружением в 1938 г. первой в мире коротковолновой 120-киловаттной радиостанции для радиовещания.

Даже в трудные военные годы продолжалось строительство мощных радиостанций. В 1943 г. наша радиовещательная сеть пополнилась новой средневолновой радиостанцией, построенной под руководством З. И. Моделя, А. Л. Минца, Л. А. Копытина, П. П. Иванова. Она явилась одним из самых мощных сооружений в мире.

Фундамент мирового первенства СССР по мощности радиовещательных станций был заложен работами советских ученых, неизменно стремившихся подвести прочную научную базу под инженерные расчеты. М. В. Шулейкин был одним из создателей советской методики радиотехнических инженерных расчетов, касающихся длинноволновых антенн и заземлений, ламповых генераторов и их стабилизации, модуляции и пр.

В 1920 г. на 4 года раньше иностранных ученых М. В. Шулейкин разработал основы теории преломления радиоволн в ионосфере.

М. А. Бонч-Бруевич разработал конструкцию мощных генераторных ламп с наружным



анодом, охлаждаемым водой. Эта конструкция получила всеобщее признание и стала всюду широко применяться.

А. И. Бергу принадлежат ценные работы по основным вопросам генерации, стабилизации частоты, усиления и управления колебаниями ламповых генераторов.

А. Л. Минц опубликовал работы по расчету мощных генераторов, вопросам модуляции и строительству сверхмощных станций.

Самостоятельная и большая область работы советских ученых и инженеров относится к теории антенн и их конструкциям. Начало этим работам положил М. В. Шулейкин своими исследованиями различных длинноволновых антенн и сетей.

Первые сложные системы коротковолновых антенн были построены в СССР и явились родоначальниками всех устройств подобного типа.

В последующее время работы А. А. Пистолькорса и Я. Н. Фельда дали принципиальное разрешение вопроса о создании так называемых щелевых или дифракционных антенн, которые были предложены независимо друг от друга М. А. Бонч-Бруевичем и М. С. Нейманом для работы на очень коротких волнах.

Наряду с успехами в строительстве передающих радиостанций советские специалисты достигли значительных результатов в развитии теории радиоприема. Их исследования в этой области опережали исследования зарубежных ученых. Таковы, например, работы В. А. Котельникова, посвященные проблеме борьбы с помехами радиоприему и о потенциальной помехо-



Академик Михаил Васильевич Шулейкин.



Академик Аксель Иванович Берг.

устойчивости, А. И. Берга о сеточном детектировании, Г. С. Горелика и Г. М. Гинца о сверхрегенераторе, В. И. Сифорова по теории радиоприема, Е. Г. Момота по избирательному детектированию. Первостепенное значение для понимания сложных явлений как при приеме, так и при генерации электрических колебаний имеют теоретические работы школы академиков Л. И. Мандельштама и Н. Д. Папалекси.

Новой областью радиотехники является техника сантиметровых волн, развивавшаяся в связи с радиолокацией. Одной из самых основных задач техники сантиметровых волн была разработка методов генерирования на этих волнах и соответствующих генераторов. В настоящее время практически применяются два типа генераторов: магнетроны и клистроны. В их разработке выдающаяся роль принадлежит советским ученым. Советский физик А. А. Слуцкий был одним из пионеров в области исследования магнетронов и одним из создателей магнетронного генератора. Современный многокамерный магнетрон представляет собой дальнейшее развитие конструкций магнетронов, разработанных Н. Ф. Алексеевым и Д. Е. Маляровым по рекомендациям М. А. Бонч-Бруевича еще в 1936—1937 гг. Идею применения магнетронов как генераторов для радиолокации выдвинул также М. А. Бонч-Бруевич.

Широко распространенный в радиоаппаратуре сантиметрового диапазона электровакуумный прибор, так называемый отражательный кли-

строн, предложил советский инженер В. Ф. Коваленко в 1940 г.

Основную роль в работе клистрона играют объемные колебательные контуры («эндовибраторы»), представляющие собой ограниченные металлическими стенками объемы, служащие резонаторами для электромагнитных колебаний сверхвысоких частот. Такие резонаторы впервые предложил советский радиоспециалист М. С. Нейман.

Заслуга решения задачи дифракции<sup>1</sup>, которая является основой теории распространения поверхностных радиоволн, принадлежит советскому ученому академику Б. А. Введенскому.

Наблюдения за распространением коротких волн, давшие ценные результаты, вели Д. А. Рожанский, М. А. Бонч-Бруевич и А. Н. Щукин.

В 1932 г. профессор А. Н. Щукин (ныне академик) впервые предложил метод расчета напряженности поля на коротких волнах. Он же подробно рассматривал в 1937 г. условия распространения радиоволн в морской воде.

С изобретением ионосферных станций радиотехника получила новое мощное средство для изучения процессов распространения пространственных радиоволн.

М. А. Бонч-Бруевич, смело решавший сложнейшие задачи в любых отраслях радиотехники, явился пионером импульсного метода исследований ионосферы. Он сконструировал и испытал первую мощную 20-киловаттную импульсную станцию, при помощи которой были проведены исследования ионосферы за Полярным Кругом в 1933 г.

Большое значение имеют исследования условий распространения ультракоротких волн (УКВ), играющих теперь столь важную роль в радиолокации и телевидении.

В СССР первые опыты по радиосвязи на УКВ и определению особенностей их распространения были осуществлены еще в 1922 г. Б. А. Введенским совместно с А. И. Данилевским. Ими тогда впервые была осуществлена радиотелеграфная передача на волне 3,8 м.

В 1926—1928 гг. Б. А. Введенский, А. Г. Аренберг и А. В. Астафьев изучали распространение УКВ на земле в пределах небольших расстояний. Они же провели опыты связи на УКВ с аэростатами и самолетами. В 1928 г. Б. А. Введенский опубликовал формулы, которые были первой попыткой установления закона распространения УКВ. Под руководством Б. А. Введенского была построена и в 1931 г. вела регулярные передачи первая радиовещательная станция на УКВ (РВ-61).

<sup>1</sup> Дифракция радиоволн — способность огибать выпуклость земного шара, а также горы и другие препятствия на пути. — *Прим. ред.*

Академики Л. И. Мандельштам и Н. Д. Папалекси разработали методы измерения скорости распространения радиоволн, исследовали условия распространения коротких и средних радиоволн над поверхностью земли. На основе этих работ ими были созданы впоследствии фазовые системы радионавигации. Академик В. А. Фок создал теорию распространения радиоволн над поверхностью земли. Совокупность этих работ позволяет решать ряд важнейших практических задач, возникающих перед новой радиотехникой.

Следует отметить большую роль в развитии советской электроники С. А. Векшинского, ныне академика, Героя Социалистического Труда, еще в начале 20-х годов разработавшего оригинальные триоды с вольфрамовым катодом и расшифровавшего к 1931 г. сущность технологии изготовления бариевых катодов. Затем С. А. Векшинский руководил работами по созданию мощных генераторных ламп, электронно-лучевых трубок, газотронов и других электровакуумных приборов в организованных им научно-технических центрах советской электроники: Отраслевой вакуумной лаборатории — до войны, а после Великой Отечественной войны — в Научно-исследовательском вакуумном институте.

В 1944 г. Е. К. Завойский (ныне академик, лауреат Ленинской премии) открыл явление электронного парамагнитного резонанса, ставшее основой важного направления радиоспектроскопии. Это направление способствовало возникновению важной ветви квантовой радиоэлектроники — малошумящих парамагнитных усилителей.

Велик также вклад наших ученых в развитие телевидения.

В основе всех телевизионных передающих устройств лежит явление так называемого внешнего фотоэффекта, заключающегося в вырывании светом электронов с поверхности металла. Законы, которым подчиняется это явление, и основные условия, при которых оно может быть практически использовано, установлены были еще в прошлом веке великим русским физиком А. Г. Столетовым. Им же был построен первый фотоэлемент.

Как уже указывалось выше, Б. Л. Розинг предложил применить для приема изображений электронно-лучевую трубку. Создание современной передающей электронной системы также связано с работами советских ученых. В 1930—1931 гг. С. И. Катаев предложил проект передающей электронно-лучевой трубки с мозаичным фотокатодом (икonosкоп).

Важным фактором, обеспечивающим высокую чувствительность современных передающих телевизионных трубок, является применение в них

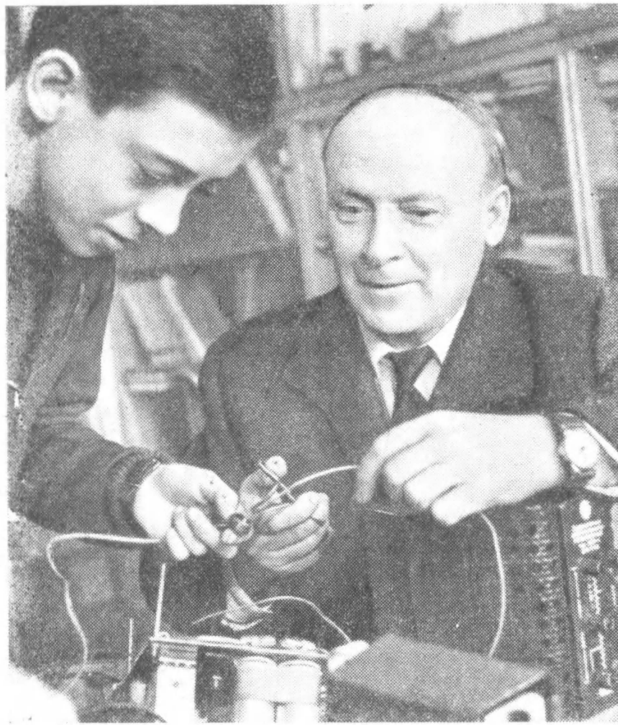
многократного вторичного электронного умножителя, первые действующие модели которого были созданы в 1930 г. Л. А. Кубецким.

В 1932 г. С. И. Катаев предложил новый принцип построения передающих трубок, дальнейшее развитие которого П. В. Шаковым и П. В. Тимофеевым позволило создать высокочувствительную телевизионную трубку с переносом изображения, известную под названием суперэмитрон.

Профессор Г. В. Брауде создал оригинальную систему телекино и предложил в 1938 г. электронную систему, использованную позднее в сверхчувствительной передающей телевизионной трубке, называемой суперортиконом.

Благодаря неустанной заботе Коммунистической партии радио в нашей стране за годы Советской власти превратилось в могучее средство коммунистического воспитания трудящихся. Оно стало пропагандистом и популяризатором бессмертных идей марксизма-ленинизма, передового опыта новаторов производства, достижений социалистической науки и искусства.

На основе развития отечественной радио промышленности радиовещание и радиофикация приобрели необычайный размах.



Лауреат Ленинской премии академик Евгений Константинович Завойский с детства занимается радиолюбительством. На фото Е. К. Завойский вместе с сыном Костей монтирует радиоприемник.



Лауреат Ленинской премии академик Владимир Александрович Котельников.

Большим недостатком проволочного вещания была до сих пор его однопрограммность. Вещательные узлы могли транслировать только одну программу, и абоненты не имели никакого выбора.

Научно-исследовательский институт связи СССР разработал систему многопрограммного вещания по проводам. Она обеспечивает трансляцию трех программ.

Началось широкое внедрение этой системы. Теперь владельцы радиоточек в ряде городов смогут выбирать любую из трех программ.

Значительные успехи достигнуты коллективом советских ученых под руководством академика В. А. Котельникова в радиолокации планет.

Помимо применения больших антенн, мощных передатчиков и высокочувствительных приемников, была создана специальная аппаратура для выделения слабых сигналов на фоне шумов.

Был создан космический радиолокатор, с помощью которого была осуществлена радиолокация Венеры (1961 и 1962 гг.), затем Меркурия (1962 г.), Марса (1963 г.) и Юпитера (1964 г.).

Бурное развитие получило в последние годы отечественное телевидение.

Еще в 1953 г. в СССР работало всего три телевизионных центра: в Москве, Ленинграде и Киеве. Их передачи принимали 225 тыс. телевизоров.

К 7 мая 1965 г. в стране работало около 200 телевизионных центров и 300 ретрансля-



ционных станций. Их передачи принимались на 13 млн. телевизоров. Они обслуживали территорию, на которой живет около 100 млн. чел.

Советское телевидение вышло в 1961 г. на мировую арену. Это было в исторические дни космического полета Ю. А. Гагарина.

Первая телевизионная передача, которую вместе с советским народом смотрели телезрители Англии, Польши, Швеции, Чехословакии и ряда других стран Европы, была посвящена встрече героя-космонавта москвичами.

Теперь наша страна может осуществлять обмен телевизионными программами со всеми европейскими странами.

В 1962 г. советское телевидение впервые осуществило передачи из космоса во время группового полета космонавтов А. Г. Николаева и П. Р. Поповича. Проводились сеансы телевидения во время космических полетов В. Ф. Быковского и нашей Чайки — первой женщины-космонавта В. В. Терешковой, а затем 12/X 1964 г. во время полета многоместного космического корабля-спутника «Восход-1» с экипажем в составе В. М. Комарова, К. П. Феоктистова и Б. Б. Егорова.

Телевидение позволило 18 марта 1965 г. миллионам людей видеть волнующий момент,

когда космонавт Алексей Леонов, открыв дверь во Вселенную, вышел из корабля, провел научные наблюдения в свободном парении и затем вернулся на корабль.

Телевизионная техника особенно четко работала во время полета космического корабля «Восход-2» с героическим экипажем в составе П. И. Беляева и А. А. Леонова.

Радиотехника и электроника внедряются во все отрасли науки и техники.

Применение этой новой техники ведет к повышению производительности труда и улучшению качества продукции, открывает новые возможности для научных исследований.

Однако успехи и достижения не должны давать повод к самоуспокоенности.

В технике радиосвязи, радиовещания и телевидения есть еще много нерешенных технических проблем, в решении которых должны принять деятельное участие ученые, инженеры и радиолюбители.

Советские ученые, инженеры и техники, работающие в области радио, и радиолюбители-патриоты приложат все силы к тому, чтобы множить успехи советской радиотехники во имя дальнейшего укрепления могущества нашей Родины, во имя торжества коммунизма.

## РАДИОЛЮБИТЕЛИ — ЭНТУЗИАСТЫ СОВЕТСКОЙ РАДИОТЕХНИКИ <sup>1</sup>

Советское радиолюбительство вступило в зрелый возраст. В 1964 г. ему исполнилось 40 лет, так как свое летоисчисление радиолюбители ведут с 1924 г. с момента постановления Советского правительства «О частных приемных радиостанциях», положившего начало радиовещанию, радиофикации и массовому радиолюбительству.

Но зарождение радиолюбительства произошло значительно раньше этой даты.

Колыбелью радиолюбительства в нашей стране была Нижегородская радиолaborатория. Начинания этого первого в СССР научно-исследовательского радиотехнического института по пропаганде радиотехнических знаний пробудили интерес к радиотехнике не только среди нижегородцев, но и среди жителей многих областей СССР. Когда же в Нижнем Новгороде начались первые опыты по радиовещанию, стало быстро развиваться радиолюбительство.

Уже первые опыты М. А. Бонч-Бруевича по радиовещанию показали, что все эти эксперименты нуждаются в активной аудитории, способной, во-первых, принимать эти передачи, а во-вторых быстро откликаться на запросы

о слышимости радиопередач и тем самым помогать определению радиуса действия и качества работы первых радиотелефонных передатчиков.

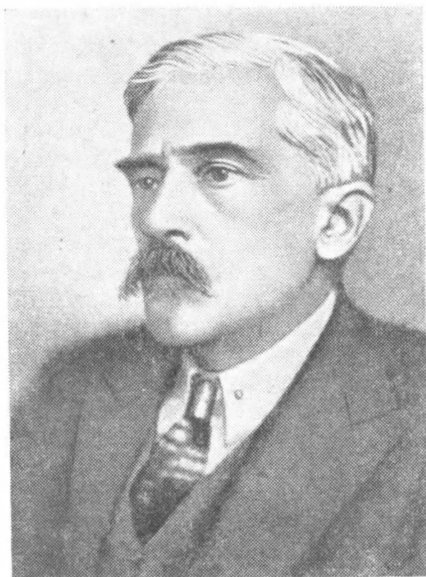
Работники радиолaborатории и в особенности профессор В. К. Лебединский старались помочь развитию радиолюбительства.

Прежде всего была нужна радиотехническая литература и описания простейших радиоприемников. Начали с пропаганды значения радиолюбительства и с издания популярной литературы.

В журналах «Телеграфия и телефония без проводов» («ТиТбп») и «Техника связи» начинают появляться статьи и заметки о радиолюбительстве.

В сентябрьском номере журнала «ТиТбп» за 1922 г. помещается статья профессора И. Г. Фреймана (1890—1929), посвященная радиолюбительству. Иммант Григорьевич Фрейман, один из создателей школы советских радиоспециалистов и один из основоположников советского радиолюбительства, пишет в этой статье: «Вопрос об использовании радиостанций для любительских наблюдений и исследований был мною поднят на I Всероссийском съезде общества любителей мироведения в Петрограде в 1921 г. Там он встретил исключительно сочувственное отно-

<sup>1</sup> Автор В. А. Бурлянд.



Владимир Константинович Лебединский.

шение, выразившееся в соответствующей резолюции. Вопрос об образовательном значении любительских радиостанций был мною поднят в том же году (октябрь 1921 г.) на VIII Всероссийском электротехническом съезде в Москве. Съезд вполне разделил высказанный мною взгляд в вынесенной резолюции<sup>1</sup>.

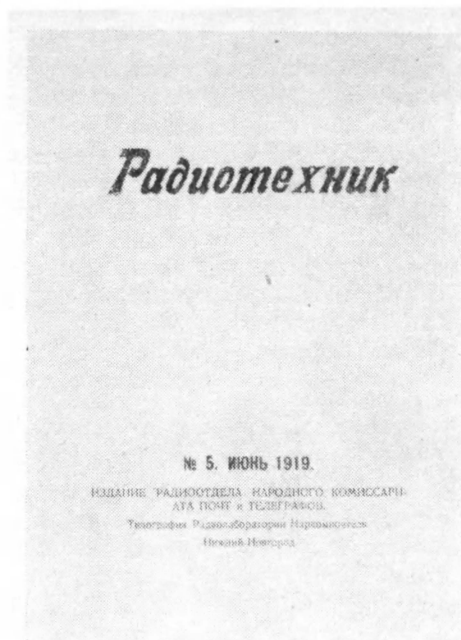
Говоря далее о важности массовых экспериментов, о том, что трудно учесть ту пользу, которую принесло бы широкое увлечение радиолюбительством, И. Г. Фрейман приходит к выводу, что «нам нужны многие сотни и тысячи экспериментаторов» ... «Конечно такой массы профессиональных радиоспециалистов мы не наберем, к тому же профессионалы редко бывают заражены тем энтузиазмом, который охватывает любителей, людей, одержимых страстью к радиоработе. Бывают же страстные охотники, удильщики, альпинисты.

Оказывается, что бывают и страстные радиолюбители.

Если первые дали много ценного зоологии, ботанике, географии, то последние могут быть еще полезнее нашей радиотехнике собиранием разнообразного экспериментального материала и непосредственной поддержкой нашей радиопромышленности».

Утверждая далее, что при помощи радиолюбителей можно достигнуть широкого размаха

<sup>1</sup> Съезд постановил по докладу И. Г. Фреймана: «Признать желательным допустить устройство приемных любительских радиостанций».



Журнал «Радиотехник». Выходил в издании Нижегородской радиолaborатории до августа 1921 г., когда был создан новый журнал «Техника связи».



В этом журнале его редактор А. Ф. Шевцов начал вести пропаганду радиолюбительства с 1922 г.

ОБЩЕСТВО ДРУЗЕЙ РАДИО Р. С. Ф. С. Р.  
БИБЛИОТЕКА РАДИО ЛЮБИТЕЛЯ

Под редакцией проф. В. К. ЛЕБЕДИНСКОГО.

1

В. К. Лебединский.

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО  
== В РАДИО. ==

Цена 55 коп.

Издание НИЖЕГОРОДСКОЙ РАДИОЛАБОРАТОРИИ имени В. Н. ДЕНИНА.  
1924.

Склад изданий: Москва, здание Политехнического музея, Лубянская площадь,  
Китайский проезд, помещение № 107, Радиоплата О. К.

№ 7 РАДИОЛЮБИТЕЛЬ 187

Самодельный приемник с диапазоном волн  
от 330 до 1500 мт.

Ижев. С. И. Шапошников

Предлагаю в большинстве случаев  
при изготовлении детекторного приемника  
использовать катушку индукции  
с воздушным сердечником, которую  
можно сделать из проволоки, диаметром  
0,5 мм, длиной 1 м, намотав ее на  
картонный цилиндр диаметром 25 мм.

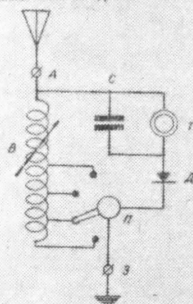


Рис. 1. Принципиальная схема приемника

На рис. 1 изображена принципиальная  
схема такого приемника. На ней: А —  
антенна, В — катушка индукции, С — конденсатор,  
Т — телефон, Д — детектор.  
Устройство представляет собой  
простой переключатель на катушку индукции.

Величину индукции катушки  
можно изменять, перемещая  
катушку по длине проволоки, или  
изменяя диаметр катушки.

Самым для детекторной цепи  
служит сам ток катушки индукции,  
который перемещается по катушке.

При желании иметь переменную  
детекторную катушку, то катушку  
можно сделать из проволоки, диаметром  
0,5 мм, длиной 1 м, намотав ее на  
картонный цилиндр диаметром 25 мм.

Антенна может быть любой формы и  
размера, которую используют в  
разных случаях. Волны от 330 до 1500  
метров волн имеют с частотой около 3  
мегагерц, при длине волны около 300 м.  
Форма антенны была  
Г-образная. Длина волны получается

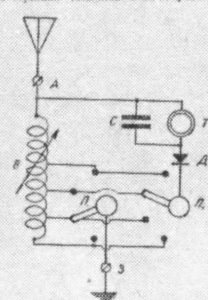


Рис. 2. Схема с переменной тестовой катушкой

через две медные концы проволоки. Эти  
концы должны быть изолированы от  
картона, например, лаковой краской  
или лаком. Диаметр катушки должен  
быть 25 мм.

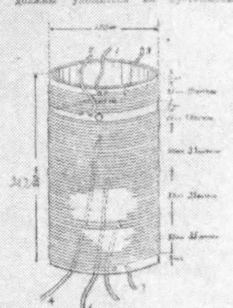


Рис. 3. Цилиндрическая катушка индукции

25 мм, индукция катушки  
получается. Это будет катушка (С).  
Если бы проволока была тоньше, то  
тогда 19 витков следует разбить  
на 19 витков, при этом длина 25 мм.

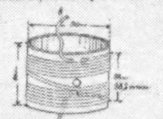


Рис. 4. Цилиндрическая катушка индукции

Первая брошюра «Библиотеки радиолюбителя».

Страница журнала «Радиолюбитель» с описанием конструкции детекторного приемника С. И. Шапошникова.

радиофикации, Имант Григорьевич заканчивает  
свою статью призывом:

«Нам безусловно необходимо создать радио-  
массы».

Учитывая, что все это писалось 44 года тому  
назад, нельзя не признать за автором этих строк  
умение далеко видеть вперед. Таков этот талант-  
ливый педагог и ученый, не проживший и сорока  
лет, но успевший много сделать для укрепления  
оборонеспособности нашей Родины, развития  
радиопромышленности и подготовки радиоспе-  
циалистов.

«Курс радиотехники», написанный И. Г.  
Фрейманом в годы гражданской войны и бло-  
кады, опередил многие иностранные учебники  
того времени по широте обобщений и успеш-  
ному инженерному решению ряда важных во-  
просов.

Выпуском литературы для радиолюбителей  
занился профессор В. К. Лебединский. Под его  
редакцией издавалась «Библиотека радиолюбителя»,  
первые выпуски которой датированы  
1923 г. Всего издано пять выпусков. Эта библио-

течка в последующие годы несколько раз пере-  
издавалась.

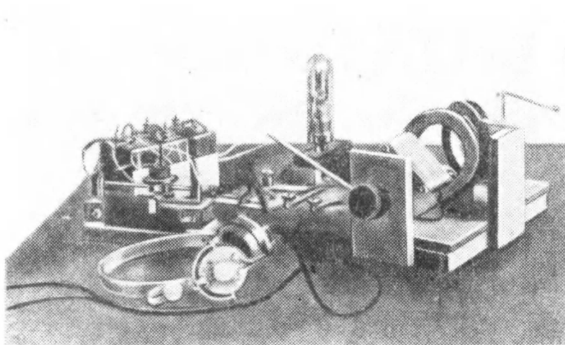
Радиоспециалисты лаборатории читали лек-  
ции, проводили устные консультации для радио-  
любителей, отвечали на многочисленные письма.

Одним из самых деятельных поборников раз-  
вития радиолюбительства из числа научных  
сотрудников Нижегородской радиолaborатории  
был инженер Сергей Иванович Шапошников.  
В журнале «Техника связи» еще до того, как  
стал издаваться журнал «Радиолюбитель», под  
инициалами С. Ш. он поместил описание необы-  
чайно простого самодельного телефона, смонти-  
рованного в баночке из-под гуталина.

В 1923 г. С. И. Шапошниковым был сконст-  
руирован детекторный приемник, который изго-  
товлялся в мастерских радиолaborатории и  
распространялся среди первых радиослуша-  
телей.

Эти приемники, выпускавшиеся в точеных  
цилиндрических деревянных коробках работы  
семеновских кустарей, многим давались безвоз-  
мездно. От счастливых, получивших возмож-





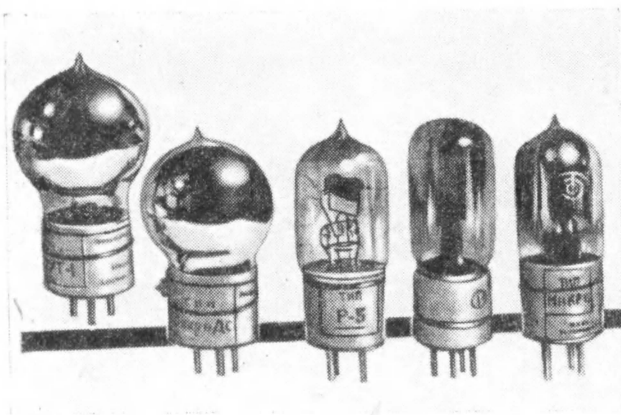
Конструкция радиоприемника «Микродин»

ность слушать радиопередачи, требовалось только регулярно извещать лабораторию о слышимости ее радиовещания.

В 1924 г. С. И. Шапошников разработал по заданию редакции журнала «Радиолучитель» весьма простой детекторный приемник без конденсатора переменной емкости и описал его устройство в журнале. Этот приемник получил огромное распространение благодаря сочетанию хороших электрических качеств с простотой изготовления.

Несколько поколений радиолучителей начинали свою конструкторскую и учебную деятельность с приемника Шапошникова.

С. И. Шапошников с 1925 г. сотрудничал в журнале «Радиолучитель» под псевдонимом «Атом», вел отдел «Расчеты и измерения радиолучителя», писал популярные брошюры и книги.



Приемно-усилительные лампы первых лет радиовещания слева направо: УТ-1, «Микро ДС» (двухсеточная лампа, пользовавшаяся большой популярностью у радиолучителей, так как она работала с пониженным напряжением на аноде), Р-5 (первая отечественная приемная трехэлектродная лампа), лампа выпуска Нижегородской лаборатории, лампа «Микро».



Первый советский коротковолновик Федор Алексеевич Лбов.

В Нижегородской радиолучительной лаборатории был разработан также весьма оригинальный радиоприемник — микродин. Это был регенеративный радиоприемник, для накала нитей лампы которого достаточно было напряжение всего 2 в.

Впервые описание этого приемника было помещено М. А. Бонч-Бруевичем и Б. Л. Максимовых в майском номере журнала «Хочу все знать» за 1925 г., но сделан он был значительно раньше. М. А. Бонч-Бруевич понимал, что для развития радиолучительства нужны экономичные приемники и, конечно, экономичные лампы. А в то время единственной электронной приемно-усилительной лампой была лампа типа Р5, требовавшая для накала ток 0,7 а! Питатель лампы от сетей переменного тока в те годы не умели.

М. А. Бонч-Бруевич руководил разработкой микродина и, заботясь о его экономичности, сконструировал специальную очень экономичную по тем временам лампу «Малютка».

Микродин мог работать без анодной батареи или с минимальным анодным напряжением. Описание микродина было опубликовано также Ф. А. Лбовым в журнале «Радиолучитель», и этот приемник приобрел широкую популярность и получил большое распространение среди радиолучителей.

Руководители радиолучительной лаборатории привлекли к ее работе талантливую молодежь. Это были будущие инженеры и конструкторы, ведущие работники радиопромышленности.

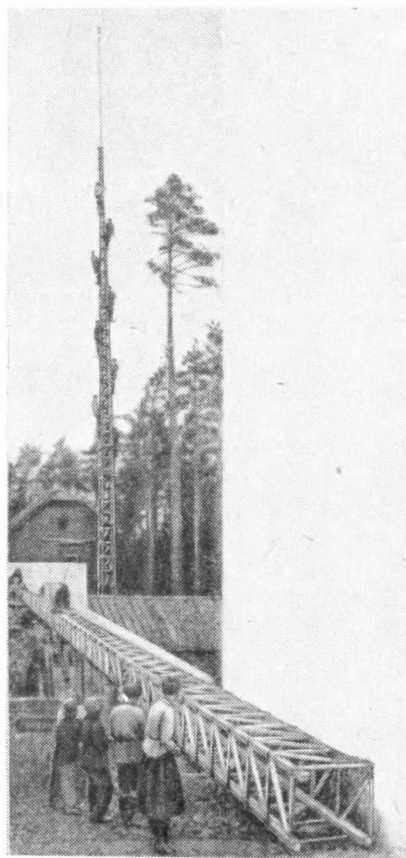
Но уже в те годы получили международную известность молодые сотрудники НРЛ: Федор Лбов и Олег Лосев. Сигналы самодельного передатчика Федора Алексеевича Лбова, первого советского коротковолновика, ученого-самородка, в январе 1925 г. были услышаны за границей. Олег Владимирович Лосев, талантливый ученый-физик, изобретатель кристадина, был по сути дела первым человеком в мире, использовавшим полупроводниковый прибор для усиления радиосигналов.

Следует вспомнить и о юном радиолюбителе Мите Малярове, начавшем свою работу в мастерской электронных ламп у М. А. Бонч-Бруевича. В конце своей недолгой жизни (он умер во время блокады Ленинграда почти одновременно с О. В. Лосевым) Д. Е. Маляров совместно с Н. Ф. Алексеевым построил первый советский многокамерный магнетрон, идея которого была предложена М. А. Бонч-Бруевичем.

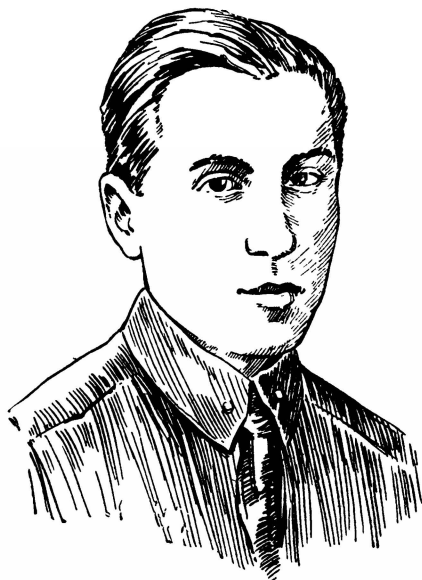
Все это подготовило почву для того, чтобы создать первую в стране радиолюбительскую организацию.

По инициативе В. К. Лебединского и с помощью сотрудников радиолaborатории было организовано Нижегородское общество радиолюбителей (НОР).

По почину нижегородцев начали возникать радиокружки в Москве и Московской области, в Ленинграде и еще в некоторых городах, но подлинно массовое радиолюбительство широкой волной разлилось по стране после постановления Совнаркома СССР от 28 июля 1924 г. «О частных



Подъем мачт в одном из первых радиокружков Московской обл. — при Лосиноостровской школе.



Олег Владимирович Лосев.

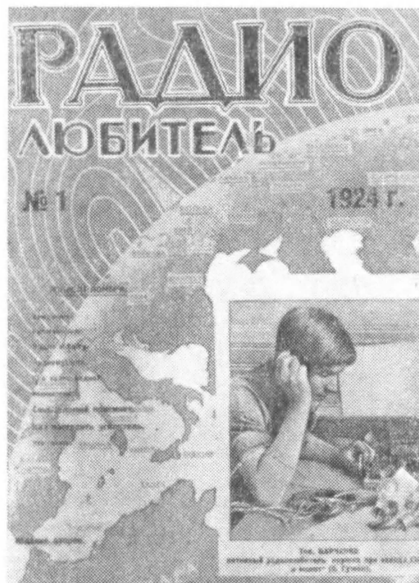
приемных радиостанциях». Радиолюбителям наших дней, имеющим дело с транзисторами, строящим автоматические диктофоны, приемники для «охоты на лис», мечтающим об аппаратуре на микромодулях, мало известно прошлое советского радиолюбительства. Они, вернее всего, не слышали о рупорах для громкоговорителей, изготовлявшихся из кассовой ленты.

Далеко не всем, видимо, известны и замечательные дела старшего поколения радиолюбителей, которым выпала честь быть пионерами проволочной радиофикации, первыми использовать короткие волны в Арктике, в различных далеких экспедициях и в авиации, построить с десятков радиовещательных станций, а через 30 лет после этого построить 15 любительских телецентров.

Тем больший интерес представляет публикуемая ниже краткая летопись дел радиолюбительских, ставшая уже историей для новых поколений радиолюбителей.

# ЛЕТОПИСЬ ДЕЛ РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИХ<sup>1</sup>

## Год 1924



Первый номер журнала «Радиолу-  
битель».



Впоследствии этот журнал слился  
с журналом «Радиолу-  
битель» и стал  
издаваться под новым названием —  
«Радиофронт».

**28 июля.** Совет Народных Комиссаров СССР принял постановление «О частных приемных радиостанциях», положившее начало широкой радиофикации страны, развитию радиовещания и массового радиолу-  
бительства.

**1 августа.** Организовано Бюро содействия радиолу-  
бительству при культотделе МГСПС.

**7 августа.** Состоялось первое организационное собрание Общества радиолу-  
бителей РСФСР (в декабре 1924 г. переименовано в Общество дру-  
зей радио — ОДР).

**15 августа.** Вышел первый номер двухнедельного журнала «Радиолу-  
битель». В этом номере помещены: описание детекторного приемника Н. И. Оганова, беседа «Что такое радио», статья «Как самому сделать уси-  
литель для радиоприема» и много других интересных для радиолу-  
бителей материалов. В конце номера напечатано письмо Г. Г. Гинкина, в котором он предлагал передачи по радио музыки, лекций и других сообщений называть «радиовещание». С тех пор этот термин вошел в наш словарь.

«Радиолу-  
битель» содержал 16 страниц большого формата и вышел ти-  
ражом 12 000 экз. Спрос на журнал был так велик, что пришлось выпустить  
второе издание первого номера 20-тысячным тиражом. С пятого номера жур-  
нал «Радиолу-  
битель» печатался в количестве 50 тыс. экз.

**8 сентября.** В Государственном академическом Большом театре со-  
стоялся «Первый радиопонедельник» — день пропаганды радио — органи-  
зованный Обществом радиолу-  
бителей РСФСР.

При помощи мощных по тому времени громкоговорителей передавался  
радиоконцерт.

**12 октября.** День открытия регулярного радиовещания в СССР Культ-  
отделом МГСПС через Сокольническую радиостанцию. Московские проф-  
союзы объединяли к этому времени 5 000 радиолу-  
бителей, состоявших  
в 180 радиокружках.

**14 октября.** МГСПС открыл в Москве первый магазин радиодеталей и  
радиоаппаратуры.

**23 ноября.** Начала регулярную радиовещательную работу радиостан-  
ция имени Коминтерна. Передан первый номер радиогазеты.

**Ноябрь.** Вышел первый номер Ленинградского журнала «Друг радио».

**Ноябрь.** Через Сокольническую радиостанцию начались воскресные  
радиоконсультации. За один двухчасовой сеанс конструкторы станции  
А. Л. Минц (ныне академик, Герой Социалистического Труда) и И. Г. Кляц-  
кин (ныне доктор технических наук, профессор) и другие отвечали на  
100—150 писем радиолу-  
бителей.

**1 декабря.** Начало деятельности Акционерного общества «Радиопере-  
дача» — первой советской организации в области радиовещания.

## Год 1925

**17 января.** В ряде стран (Англия, Месопотамия, Франция) услышан  
первый советский коротковолновик — нижегородец Федор Алексеевич  
Лбов. Мощность этой любительской станции была около 15 *вт*. Ее позывной  
Р1ФЛ (Россия, Первая, Федор Лбов).

**Февраль.** Вышел первый номер печатной газеты «Новости радио», ти-  
раж 40 000. В сентябре 1928 г. она была реорганизована в еженедельный  
журнал «Радиослушатель».

**Март.** Московские радиолу-  
бители выступили инициаторами организа-  
ции проволочной радиодиффузии для обслуживания рабочих клубов Москвы.  
Радиотрансляция по клубам осуществлялась от усилителя, находившегося  
в Доме Союзов.

**6 июня.** Открылась I Всесоюзная радиовыставка в Политехническом  
музее.

**Июнь.** Киевское ОДР выпустило газету-однодневку «Радио — для  
всех», разошедшуюся в количестве 75 000 экз. Деньги, вырученные от этого  
издания, помогли достроить и к осени пустить в эксплуатацию радиовеща-  
тельную станцию на Печерске.

**15 сентября.** Вышел первый номер двухнедельного журнала «Радио —  
всем», орган Общества друзей радио РСФСР. (В 1930 г. переименован в «Ра-  
диофронт»).

<sup>1</sup> Автор В. А. Бурлянд.

**Сентябрь.** Культотдел МГСПС приступил к радиофикации Московской губернии. Силами радиолюбителей в 200 избах-читальнях были установлены громкоговорящие установки.

## Год 1926

**19 января.** Открылась радиолaborатория Культотдела МГСПС, сыгравшая большую роль в развитии радиолюбительства. При лаборатории имелись центральная радиоконсультация и курсы, где готовили руководителей радиолобительских кружков и техников-практиков.

**5 февраля.** СНК СССР принял постановление «О радиостанциях частного пользования», согласно которому радиолюбители получили право иметь передатчики.

**1—6 марта.** Проходил Всесоюзный съезд Общества друзей радио. Присутствовало 322 делегата от 200 000 членов Общества. Съезд отметил, что местные организации Общества силами самодеятельности построили радиотелефонные станции в Иркутске, Владивостоке, Новосибирске, Киеве, Харькове, Ростове-на-Дону, Калуге, Орле и Владимире. Несколько позднее были построены Курская, Саратовская и Смоленская радиостанции.

Все эти радиостанции сыграли большую роль в развитии радиофикации и радиолюбительства.

## Год 1927

**Март.** Создана центральная секция коротких волн при Центральном совете Общества друзей радио (ЦСКВ ОДР).

**12 июня.** Закрылась Московская межсоюзная губернская выставка, организованная МГСПС. Она подвела итоги технического роста радиолюбителей. На выставке приняло участие 13 профсоюзов, представивших свыше 300 экспонатов.

**Сентябрь.** Радист Э. Т. Кренкель установил первую коротковолновую радиостанцию в Арктике на Маточкином Шаре (Новая Земля). Аппаратура радиостанции была предоставлена Нижегородской радиолaborаторией.

**Сентябрь — октябрь.** Проведены первые всесоюзные соревнования радиолюбителей-коротковолнников по связи отдаленных районов СССР и определению наивыгоднейших волн в этих дальних связях.

## Год 1928

**1 января.** Вышел первый номер еженедельной газеты «Радио в деревне».

**17—30 марта.** Для пропаганды и развития коротковолнового радиолюбительства проводился «Двухнедельник коротких волн». В Кунцеве под Москвой был дан старт аэростату, где находился оператор-коротковолнник М. Липманов и КВ радиостанция. Цель полета — выяснить возможность постоянной и надежной связи с землей. Во время полета, продолжавшегося 40 ч, велась непрерывная двусторонняя связь со многими советскими и зарубежными станциями.

**Апрель.** Группа ленинградских коротковолнников провела удачные опыты коротковолновой связи из поезда Ленинград — Москва — Ленинград.

**3 июня.** Юный коротковолнник Шмидт из Вохмы (Северный край) принял сигнал бедствия экспедиции Нобиле, потерпевшей крушение в Арктике при перелете на дирижабле «Италия». В экспедиции помощи Нобиле приняли участие советские коротковолнники. На ледоколах «Персей», «Малыгин» и «Красин» были установлены любительские коротковолновые радиостанции и выделены операторы. Как известно, ледокол «Красин» спас всех оставшихся в живых членов экспедиции.

**Июнь.** В Памирской экспедиции Академии наук СССР участвуют ленинградские коротковолнники. Обеспечена регулярная связь экспедиции с Москвой, Ташкентом и Ленинградом.

**Июль — сентябрь.** Впервые в маневрах Красной Армии принимали участие радиолюбители-коротковолнники. Они со своими передвижными станциями успешно обслуживали связью маневры в Сибири, Средней Азии и центральных округах.

**Июль.** Во время происходивших в Ленинграде воздушно-химических маневров радиосвязь поддерживалась исключительно силами коротковолнников ленинградской секции коротких волн ОДР (ЛСКВ). Приказом по Ленинградскому военному округу коротковолнникам объявлена благодарность.

**12 ноября.** Состоялись всесоюзные воздухоплавательные состязания, во время которых поднялись три аэростата с любительскими коротковолно-

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АКАДЕМИЧЕСКИЙ БОЛЬШОЙ ТЕАТР.

8  
сентя

ПРОГРАММА

8  
сентя

ПЕРВЫЙ РАДИОПОНЕДЕЛЬНИК

устраиваемый Обществом Радиолюбителей РСФСР.

Речи о культурном, политическом и научном значении радио

А. В. Дунаевского и проф. В. К. Лебединского.

II

РАДИОКОНЦЕРТ

организованный группой «Радиоклуба» при НКЗ и Т. Концерт принимается по радио в Центральной Радиотелефонной станции имени Коминтерна.

ПРОГРАММА КОНЦЕРТА:

1. Интернационал исп. с своей аранжировкой дирижер Г. А. Б. Т. Н. С. Голованов (романс).
2. Русские мелодии исп. с своей аранжировкой арт. оркестра Г. А. Б. Т. Н. Г. Голубев (кавалер).
3. Ария Куклы из оперы Чарльфика, муз. Чайковского исп. арт. Г. А. Б. Т. И. Г. Деринская (драмат. сопрано).
4. Andante, муз. П. Кен исп. арт. Г. А. Б. Т. И. Г. Деринская (драмат. сопрано).
5. Ариозо Опе из оперы Опе из Норландта, муз. Нильсена-Иванова исп. арт. Г. А. Б. Т. М. С. Куринская (тенор).
6. Не искушая романс, муз. Глинки, исп. акад. арт. Голубев, проф. М. И. Табаков (труба).
7. Романс Поповы из оперы Николая Давы, муз. Чайковского исп. арт. Г. А. Б. Т. И. Г. Деринская (драмат. сопрано).
8. Ария Куклы из оперы Чарльфика, муз. Чайковского исп. арт. Г. А. Б. Т. И. Г. Деринская (драмат. сопрано).
9. Дуэт из оперы Николая Давы, муз. Чайковского исп. арт. Г. А. Б. Т. И. Г. Деринская (драмат. сопрано).
10. Оverture из оперы Николая Давы, муз. Чайковского исп. арт. Г. А. Б. Т. И. Г. Деринская (драмат. сопрано).
11. Соловей, романс, муз. Ашкенази, исп. акад. арт. Голубев, проф. М. И. Табаков (труба).

III

Концертные программы на сцене Большого театра участвуют все артисты и по той же программе в залах организована непосредственная связь с радиостанциями при передаче по радио.

Принимать радиопередачи от радиотелефонных станций СССР.

Принимать радиоконцерты от иностранных радиотелефонных станций (если тому не воспрепятствует состояние атмосферы).

Установка и вся техническая часть радиоприема выполняется Всероссийским Электротехническим Трестом заводов слабого тока.

Начало ровно в 6 час. вечера.

После начала нинто в зал до конца отделения допускаться не будет.

Секретариат Об-ва Радиолюбителей РСФСР помещается в здании Русского Государственного Политехнического Музея, Лубянской площади, Китайского проезда, д. № 3/4. Главный вход в Музейный двор по адресу Об-ва: среда, четверг, пятница, суббота и воскресенье от 12 до 14 час. дня. Телефон 4-77-76.

8 сентября 1924 г. для пропаганды радиовещания в Большом академическом театре проведен был первый радиопонеделник. На фото — его программа.



выми радиостанциями: «Комсомольской правды» (оператор т. Седунов), «Мосавиахим» (оператор т. Гордеев) и «Рабочей радиогазеты» (оператор т. Байкузов). За отличную работу все они были премированы.

**25—29 декабря.** Проходила I Всесоюзная конференция коротковолновиков, собравшая 116 делегатов от 59 местных секций коротких волн, объединявших 320 коротковолнников, имевших любительские передатчики, и 1 480 коротковолнников-наблюдателей.



Ленинградский журнал  
«Друг радио».

## Год 1929

**15 мая.** По просьбе Академии наук ЦСКВ направила радиостанцию в пустыню Кара-Кум для обслуживания нужд специальной экспедиции. Операторами станции были коротковолнники тт. Андреев и Табульский.

**Сентябрь.** Ленинградская секция коротких волн приняла заказ на изготовление коротковолновых передатчиков для Главзолота. Работу по организации коротковолновой связи и строительству радиостанции в Иркутске возглавил член президиума ЛСКВ В. И. Ванеев. Радиолюбители-коротковолнники тт. Гржибовский, Волков и Андреев дали первую связь с приисков Алдана, Норильска и Чукотки. Через два года Главзолото имело хорошую коротковолновую связь со своими приисками.

**Сентябрь.** Во время наводнения в Ленинграде ЛСКВ организовала связь на коротких волнах между районами и центром. Обслуживался штаб по борьбе с наводнением.

**Октябрь.** На пароходе «Микоян» отправился в плавание вокруг Европы коротковолнник В. В. Востряков. Он держал регулярную связь с Советским Союзом в течение рейса из любого пункта. Связь с Москвой велась через радиостанции коротковолнников тт. Байкузова и Круглова.

## Год 1930

**12 января.** Э. Т. Кренкель, работая на Земле Франца-Иосифа, установил связь с американской экспедицией Берда, находившейся вблизи Южного полюса. Мощность передатчика Кренкеля была 250 *вт*, а радиостанция Берда 800 *вт*. Расстояние между станциями 20 000 *км*. Э. Т. Кренкель вел прием на самодельный двухламповый приемник. Связь продолжалась свыше полутора часов. По тому времени это был мировой рекорд дальности радиосвязи, долгие годы остававшийся непревзойденным.

## Год 1931

**10 апреля.** Первый в СССР опыт приема телевизионной программы из-за границы (станция Кенигсвустергаузен); осуществлен радиолюбителями Н. Байкузовым, В. Востряковым и Л. Кубаркиным.

## Год 1933

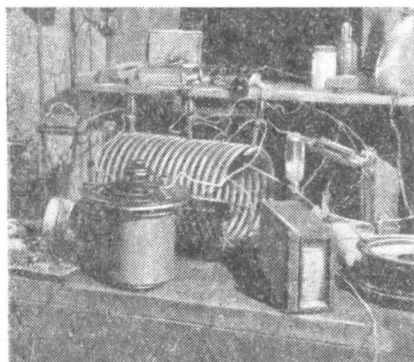
**Апрель.** Руководство радиолубительским движением передано комсомолу. При ЦК ВЛКСМ создан Комитет содействия радиофикации страны и развитию радиолубительства. Общество друзей радио ликвидировано.

**Сентябрь.** По инициативе радиолубителей-комсомольцев радиозавода им. Орджоникидзе начато производство коротковолновых радиостанций для связи политотделов совхозов и МТС. Станция получила название «Малая политотдельская».

**Октябрь.** Радиокomitee при ЦК ВЛКСМ утвердил радиотехнический минимум для радиолубителей. Введен значок «Активисту-радиолубителю» для радиолубителей, сдавших радиотехминимум.

## Год 1934

**13 февраля.** Пароход «Челюскин», отправившийся в плавание в 1933 г. с целью пройти из Мурманска во Владивосток за одну навигацию, раздавленный льдами, затонул в Чукотском море. Участники экспедиции, руководимой О. Ю. Шмидтом, высадились на льдину. Образовался ледовый лагерь Шмидта. Радиосвязь на «Челюскине» и в лагере на льдине держали радисты Э. Кренкель, В. Иванов и С. Иванюк.



«Летучая схема» коротковолнового  
передатчика Ф. А. Лбова.

**Апрель.** Закончена операция по спасению челюскинцев. Все 104 человека из лагеря Шмидта самолетами доставлены на материк.

Челюскинская эпопея наглядно показала значение радио для необъятных просторов нашей Родины. Радисты «Челюскина» награждены орденами Красной Звезды. Личной любительской радиостанции Э. Кренкеля присвоены позывные радиостанции «Челюскина» РАЕМ.

**16 апреля.** Постановлением ЦИК СССР введено звание Героя Советского Союза, являющееся высшей степенью отличия в СССР.

Впервые это звание присвоено летчикам, спасшим челюскинцев: М. В. Водопьянову, И. В. Доронину, Н. П. Каманину, С. А. Леваневскому, А. В. Ляпидевскому, В. С. Молокову и М. Т. Слепневу.

**Июнь.** Ленинградский Облпрофсовет организовал заграничный поход яхт вокруг Скандинавии. На флагманской яхте установлена коротковолновая радиостанция. В течение похода уверенную связь обеспечивали ленинградские коротковолновики тт. Стромилов и Аралов.

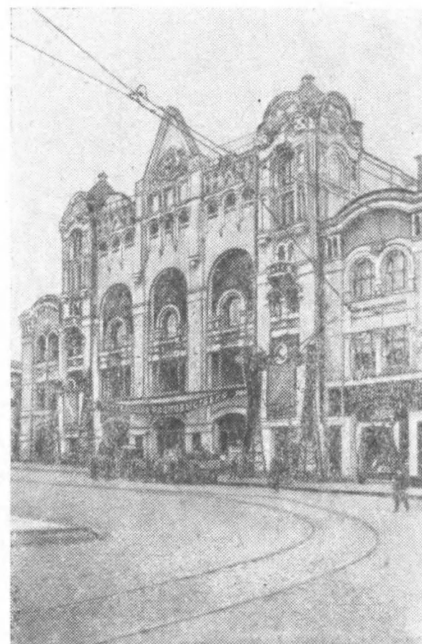
**Июнь — июль.** Челюскинская эпопея и отважная работа полярных радистов вызвали поток заявлений от радиолюбителей-коротковолнников в ЦК ВЛКСМ о желании поехать работать в Арктику. Радиокомитет при ЦК ВЛКСМ отобрал лучших коротковолнников, и они были посланы на зимовки.

### Год 1935

**Январь.** Журнал «Радиофронт» выступил с предложением организовать Всесоюзную заочную радиовыставку. Основная идея выставки — просмотр достижений радиолюбителей-конструкторов путем представления в жюри при редакции описаний радиолюбительских конструкций. Результаты работы этих конструкций заверяются местными организациями. Лучшие конструкции премируются и описываются в журнале. Комитет содействия радиофикации и развитию радиолюбительства при ЦК ВЛКСМ и Всесоюзный радиокомитет приняли это предложение. Вынесено решение о проведении Всесоюзной заочной радиовыставки. Затем эти выставки стали проводиться ежегодно.

**11 марта.** В лаборатории журнала «Радиофронт» В. Д. Охотников демонстрирует свою любительскую звукозаписывающую установку. Описание этого аппарата на страницах журнала послужило толчком к развитию в СССР любительской звукозаписи.

**Май.** Руководство радиолюбительским движением в стране передано Всесоюзному комитету по радиофикации и радиовещанию при СНК СССР. Руководство работой радиолюбителей-коротковолнников поручено Центральному Совету Осоавиахима.



Политехнический музей в Москве в дни первой Всесоюзной радиовыставки.

### Год 1937

**21 мая.** Воздушная экспедиция на Северный полюс завершилась высадкой на лед в районе полюса четверки отважных советских людей: Э. Т. Кренкеля, И. Д. Папанина, Е. Н. Федорова и П. П. Ширшова. Организована станция «Северный полюс».

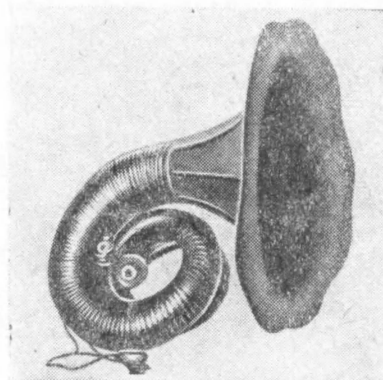
**30 июня.** Ленинградский коротковолновик В. С. Салтыков первым в СССР установил связь с радиостанцией Э. Т. Кренкеля, которая находилась на Северном полюсе. В ту же ночь с СП-1 связался ленинградец А. Ф. Камалыгин.

**6 октября.** В ознаменование 20-й годовщины Великого Октября с успехом прошла Всесоюзная коротковолновая эстафета, покрывшая за сутки по цепочке любительских радиостанций всех союзных республик и через Северный полюс расстояние около 30 000 км.

### Год 1939

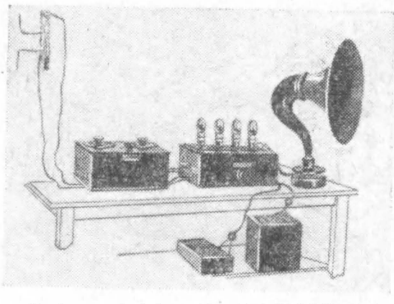
**Июль — август.** Московские коротковолнники Вильперт, Другов, Пленкин, Соколов и Ширяев обслуживали экспедицию Центрального научно-исследовательского института лесного хозяйства в Архангельской области. Коротковолнники показали исключительные возможности использования коротких и ультракоротких волн для связи при борьбе с лесными пожарами. Удалось держать связь на УКВ с самолета на расстоянии 115 км.

**28 ноября.** Состоялся Всесоюзный слет лучших радиолюбителей-конструкторов, посвященный 15-летию радиолюбительства в СССР, и открылась юбилейная выставка лучших радиолюбительских конструкций. С приветствием на слете выступил профессор М. А. Бонч-Бруевич. На юбилейной выставке были показаны: первый московский любительский телевизор конструкции А. Корниенко и ленинградский — В. Кенигсона и С. Орлова.

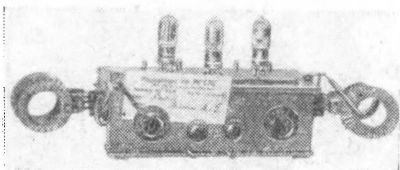


Рупоры для громкоговорителей первые радиолюбители делали из кассовой ленты.

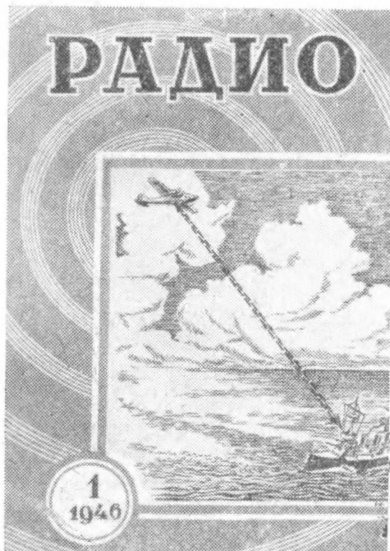
## Год 1940



Типовой комплект четырехламповой радиоустановки «Радиолина» с громкоговорителем, аккумулятором накала и анодной батареей.



Экспонат Межсоюзной Московской радиовыставки: любительский трехламповый приемник с двумя обр-атными связями.



Первый номер журнала «Радио». Вышел в мае 1946 г.

**18 мая.** Проведен I Всесоюзный конкурс радиолюбителей-радистов. Текст радиogramм передавался через радиостанцию имени Коминтерна. В конкурсе участвовало свыше 2 000 человек.

Первые места в конкурсе заняли: красноармеец С. Н. Мещеряков (Москва) и домашняя хозяйка А. Д. Белокрылина (Горький).

## Годы 1941—1945

... Вероломное нападение немецко-фашистских полчищ на нашу страну прервало мирную жизнь советских людей. По призыву Коммунистической партии и Советского правительства десятки тысяч радиолюбителей встали на защиту свободы, чести и независимости своей Родины.

Маршал войск связи И. Т. Пересыпкин пишет о радиолюбителях: «Их знания в области радиотехники, умение не пасовать перед любыми техническими трудностями, высокое мастерство радистов нашли применение на фронтах Великой Отечественной войны» ... «Многие радиолюбители стали отличными офицерами-радистами, опытными организаторами радиосвязи в частях и соединениях Советской Армии, героями Великой Отечественной войны» ... «Многие коротковолновики успешно руководили организацией радиосвязи в крупных соединениях Советской Армии»...

«Несколько сотен радиолюбителей-коротковолновиков были радистами в партизанских отрядах. Они проявили себя умелыми специалистами и преданными советскими патриотами. Подготовку радистов и руководство в центральном штабе партизанского движения возглавляли К. М. Покровский и В. П. Ярославцев, в Ленинградской области Н. Н. Стромилов, в Брянских лесах — В. А. Ломанович, в Латвии — А. Ф. Камалагин.

В военное время организацией Осоавиахима подготовили десятки тысяч радистов-операторов, которые заменяли в народном хозяйстве радистов, ушедших на фронт»<sup>1</sup>.

Родина высоко оценила боевые заслуги своих отважных сынов и дочерей. Тысячи командиров радиочастей и подразделений, начальников радиостанций и радиотехников, радистов и радисток награждены орденами и медалями СССР. За боевые подвиги на фронтах Великой Отечественной войны 120 радистов удостоены высокого звания Героя Советского Союза.

## Год 1946

**Май.** Вышел в свет первый номер научно-популярного журнала «Радио» — орган Комитета по радиофикации и радиовещанию при Совете Министров СССР и Центрального Совета Союза Осоавиахима СССР.

**Сентябрь.** Открылся Центральный радиоклуб СССР. Начали работать секции, коллективная радиостанция УАЗКАА, библиотека, консультация.

Центральный радиоклуб провел первые всесоюзные соревнования коротковолновиков.

## Год 1947

**10 мая.** В Центральном радиоклубе открылась выставка лучших экспонатов VI Всесоюзной заочной радиовыставки. На ней демонстрировалось свыше 120 конструкций приемников, радиол, измерительных приборов, телевизоров и звукозаписывающих аппаратов, привезенных их авторами со всех концов Советского Союза.

**Октябрь.** Государственное энергетическое издательство по инициативе и при содействии редакции журнала «Радио» приступило к выпуску Массовой радиобиблиотеки под общей редакцией А. И. Берга. В 1947 г. вышли первые два выпуска этой серии книг.

**9 и 16 ноября.** В ознаменование 30-й годовщины Великой Октябрьской социалистической революции проведены всесоюзные соревнования коротковолновиков. Итогом этих соревнований было установление звания чемпиона Осоавиахима по коротковолновой связи и приему. Звание чемпиона 1947 г. по коротковолновой связи присуждено А. Ф. Камалагину.

В последующие годы звание чемпиона СССР по радиосвязи на коротких волнах завоевали: К. А. Шульгин (1948 и 1949 гг.), В. Н. Гончарский (1950, 1957, 1958, 1960 и 1961 гг.), Л. М. Лабутинов (1951—1954 гг.), В. Г. Желнов (1955 и 1956 гг.), Г. И. Румянцев (1959, 1962—1964 гг.)

<sup>1</sup> Пересыпкин И. Т., Радио — мощное средство обороны страны, Воениздат, 1948, стр. 142—143.

**10—16 мая.** Прошла научно-техническая конференция лучших радиолюбителей-конструкторов участников VI Всесоюзной заочной радиовыставки, посвященная Дню радио.

**Май.** В ознаменование Дня радио проведен всесоюзный конкурс радиостов-операторов. В нем приняло участие 2 650 человек, сведенных в 540 команд. Конкурсные тексты поступили из 85 городов Советского Союза. Первое место и звание чемпиона Осоавиахима 1947 г. завоевал москвич Ф. И. Ежихин.

В последующем всесоюзные соревнования по приему и передаче радиogramм проводились ежегодно. Звание чемпиона ДОСААФ по приему радиogramм завоевали: Ф. В. Росляков (1948, 1949 и 1953 гг.), А. Е. Веремей (1950, 1951 и 1954 гг.), И. В. Заведеев (1952 г.), Галина Патко (1955 г.), Зинаида Кубих (1956 г.) и Г. Рассадин (1957 и 1958 гг.).

С 1959 г. личное первенство оспаривается среди радистов, ведущих прием и запись от руки и на пишущей машинке. См. стр. 38.

**В этом году.** Юные радиолюбители 69-й школы г. Москвы построили школьный радиоузел и организовали редакцию радиовещания. В дальнейшем опыт этого радиокружка получил широкое распространение. Началось строительство школьных радиоузлов по всей стране.

## Год 1948

**25 января.** Проведены первые послевоенные радиотелефонные соревнования коротковолнников.

**26 мая — 2 июня.** В доме инженера и техника имени Ф. Э. Дзержинского проведена Всесоюзная выставка радиолюбительского творчества. На ней демонстрировались лучшие конструкции VII Всесоюзной заочной радиовыставки. В дальнейшем весь комплекс выставочных мероприятий объединяется под общим названием Всесоюзная выставка творчества радиолюбителей-конструкторов.

## Год 1949

**Март.** Кружок радиолюбителей Исаковской школы Вяземского района, Смоленской области, установивший 600 самодельных и заводских детекторных приемников в своем сельсовете, обратился через журнал «Радио» с призывом ко всем школьным радиокружкам и сельским радиолюбителям Советского Союза организовать всесоюзное соревнование по массовой радиофикации сел.

Бюро Смоленского обкома ВКП(б) в ноябре обсудило и одобрило опыт Исаковской школы.

**Октябрь.** Введены постоянные соревнования советских коротковолнников по установлению в кратчайший срок двусторонних связей с радиолюбительскими станциями всех союзных республик и связи с советскими радиолюбительскими станциями, представляющими 100 областей и краев Советского Союза.

## Год 1950

**24 августа.** В Рязани (170 км от Москвы по прямой) в областном радиоклубе удалось удовлетворительно принять телевизионную передачу из Москвы. С декабря в радиоклубе начались коллективные просмотры передач Московского телевизионного центра.

## Год 1951

**7 мая.** «Правда» поместила заметку «Любительский телевизионный центр».

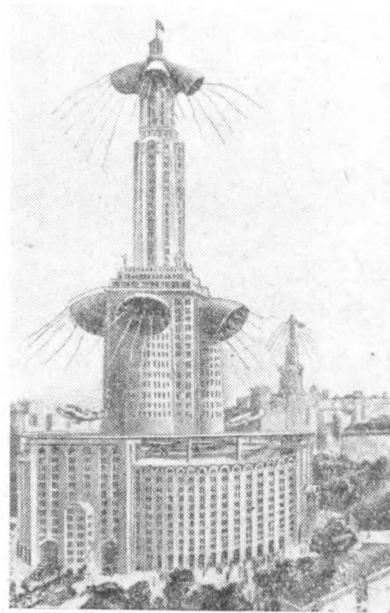
«В Харьковском Доме государственной промышленности в трех комнатах разместились первый в стране любительский телевизионный центр областного радиоклуба. Больше года назад группа радиолюбителей — инженеры В. Вовченко, В. Исаенко, преподаватель В. Рязанцев, доцент И. Тургенев и др. — задумали создать телевизионный центр. Им удалось разработать оригинальные конструкции кинокамеры, оборудования центральной аппаратуры и передатчика.

Сейчас телевизионный центр, созданный радиолюбителями, ведет передачи три раза в неделю.

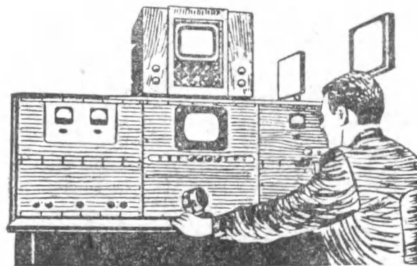
Инициатива харьковских радиолюбителей заинтересовала общественность многих городов страны. В Харьков приезжают представители радиоклубов, поступают письма с просьбой выслать описание телевизионного центра».



Так любили фотографироваться коллективы первых радиокружков.



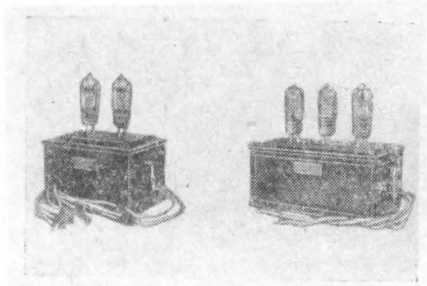
«Радиоглашатай будущего». Под таким заголовком был помещен этот фантастический рисунок в № 5 журнала «Радиолюбитель» за 1924 г.



Пульт управления Харьковского любительского телевизионного центра.



## Год 1952



Двух- и трехламповый усилители к «Радиолине».

**29 апреля.** Оргкомитет ДОСААФ принял решение о введении разрядных норм и требований Единой спортивно-технической классификации радиолюбителей ДОСААФ.

Разрядные нормы разделены на 4 группы по профилям радиолюбительской деятельности: для коротковолнников, ультракоротковолнников, радистов-операторов и конструкторов.

Установлена следующая спортивно-техническая классификация: мастер радиолюбительского спорта (мастер-радиоконструктор) и радиолюбитель первого, второго и третьего разряда.

**Ноябрь.** Радиолюбитель Н. Юшин осуществил прием передач Московского телевизионного центра в Муроме (290 км от Москвы) на телевизор Т-2 «Ленинград» с дополнительным усилителем высокой частоты.

## Год 1953

**Март.** Опубликованы итоги конкурса на массовый телевизор, организованный Министерством промышленности средств связи СССР совместно со Всесоюзным научно-техническим обществом радиотехники и электросвязи имени А. С. Попова.

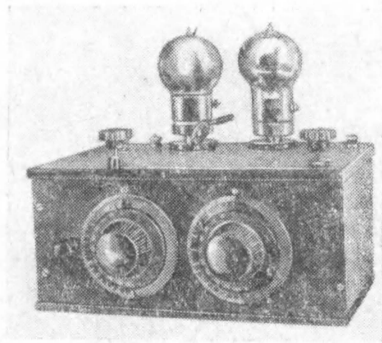
Вторые премии по 10 000 руб. получили: член Центрального радиоклуба Г. А. Волков и члены Ленинградского радиоклуба В. Б. Иванов и И. Н. Товбин за свои телевизоры. Первые премии не присуждались.

**Апрель.** В Свердловске начались пробные передачи любительского телевизионного центра, построенного группой радиолюбителей.

**7 мая.** Пущен в эксплуатацию любительский телевизионный центр в г. Горьком.

**Ноябрь.** Дзержинский радиоклуб (Горьковской обл.) провел первые соревнования уквистов-ультракоротковолнников, продолжавшиеся 6 ч.

**В этом году.** Группой радиолюбителей г. Александрова Владимирской обл. (110 км от Москвы) построена любительская ретрансляционная станция, позволяющая производить прием передач Московского телевизионного центра на простые антенны.



Детекторно-ламповый радиоприемник ПЛ-2 по схеме О-V-1.

## Год 1954

**9 мая.** Центральным радиоклубом СССР проведены первые международные соревнования коротковолнников Советского Союза и стран народной демократии. Победу в личных и коллективных соревнованиях одержали советские спортсмены.

**Октябрь.** Центральным радиоклубом ДОСААФ СССР организованы соревнования на установление наибольшего числа любительских связей с радиостанциями научных дрейфующих станций «Северный полюс-3» и «Северный полюс-4». Победу в этих соревнованиях завоевала команда Таллинского радиоклуба.

**Ноябрь.** Во время международных соревнований радистов в Ленинграде советский радист Ф. Росляков принял радиogramму открытого текста на пишущей машинке со скоростью 450 знаков в минуту (прежний рекорд 440 знаков в минуту).

## Год 1955

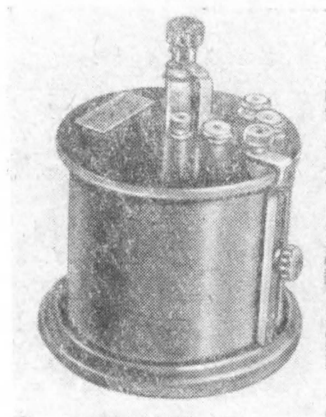
**Январь.** Вступила в строй первая очередь Омского любительского телевизионного центра, аппаратура которого построена при активном участии общественности по проекту типового телевизионного центра, разработанного Институтом телевидения.

**Февраль.** Начались опытные передачи Казанского малого телецентра, созданного группой любителей и специалистов.

**8 мая.** В Ленинграде открылась XII Всесоюзная выставка творчества радиолюбителей-конструкторов, посвященная 60-летию со дня изобретения радио великим русским ученым А. С. Поповым.

На этой выставке впервые был организован отдел «Применение радиометодов в народном хозяйстве», пользовавшийся большим вниманием посетителей.

**11 декабря.** Проведены первые всесоюзные радиотелеграфные соревнования женщин-коротковолнников на приз журнала «Радио». Первенство завоевала свердловчанка Антонина Семенова.



Детекторный радиоприемник ПД.

## Год 1956

**Март.** На волне 7 м радиоспортсменами осуществлены первые дальние связи: Новочеркасск — Барнаул, Уфа — Ростов, Московская обл. — Макеевка.

**21—22 июля.** Проходили первые всесоюзные соревнования ультракоротковолнников «Полевой день», организованные по инициативе журнала «Радио». Во время этих соревнований команды спортсменов выезжали со своими радиостанциями из городов на поля и в горы. По всей стране в них принимали участие 600 коллективных и индивидуальных УКВ радиостанций. Победу одержала команда Московского радиоклуба, а в индивидуальном зачете первенство завоевал ростовчанин С. Кравченко.

**5 августа.** В Киеве открылась XIII Всесоюзная выставка творчества радиолюбителей-конструкторов ДОСААФ и начала работу IX Научно-техническая конференция радиолюбителей-конструкторов.

Свыше 100 выставок республиканских, краевых, областных, городских и районных предшествовало всесоюзному смотру радиолюбительского творчества. На них демонстрировалось около 12 000 конструкций. Свыше 300 лучших из них было в Киев от 51 радиоклуба ДОСААФ. За неделю выставку посетили 15 000 человек.

## Год 1957

**Январь.** Проведены впервые всесоюзные соревнования юных ультракоротковолнников на приз журнала «Радио».

**Май.** Советские радиоспортсмены одержали победу в первых всемирных соревнованиях коротковолнников (85 стран), проведенных Центральным радиоклубом.

**Октябрь.** За радиосигналами первого в мире советского спутника Земли вели наблюдение более 5 000 радиолюбителей из 298 населенных пунктов. В 28 радиоклубах ДОСААФ были созданы специальные пункты наблюдения, оборудованные необходимой аппаратурой.

Академия наук отметила научную ценность данных, полученных от радиолюбителей. Аналогичные наблюдения проводились и в дальнейшем.

**В этом году.** По почину организации ДОСААФ Московского коксогазового завода в ряде городов и районов страны радиолюбительским активом стали создаваться самостоятельные радиоклубы ДОСААФ. К концу года их насчитывалось уже несколько десятков.

## Год 1958

**Май — сентябрь.** В ознаменование 40-летия ВЛКСМ проводилась Всесоюзная спартакиада по военно-прикладным видам спорта. Одним из их видов были соревнования по радиоприему и радиопередаче.

**Май.** Секцией внедрения радиометодов в народное хозяйство Ленинградского радиоклуба разработано и внедрено на предприятиях города 250 электронных приборов.

«Ленинградская секция — это настоящее радиолюбительское ОКБ», — пишет журнал «Радио».

**Июль.** Министерство связи СССР, Центральный комитет ДОСААФ и редакция журнала «Радио» объявили конкурс на составление электрической проводимости почвы СССР. Установлен ряд ценных призов.

**Август.** На XV Всесоюзной выставке творчества радиолюбителей-конструкторов ДОСААФ отмечен премией врач-радиолюбитель И. Т. Акулиничев за медицинский электронный прибор «трехмерный осциллоскоп», предназначенный для визуального пространственного исследования активности сердца. Над созданием этого сложного прибора (в нем 36 ламп и 16 полупроводниковых диодов) И. Т. Акулиничев трудился год.

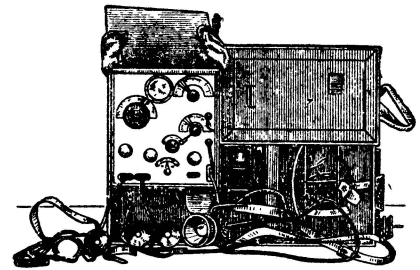
Впоследствии трехмерный осциллоскоп был удостоен приза на Всемирной выставке в Брюсселе.

## Год 1959

**Январь.** Советские радиолюбители успешно вели наблюдения за радиосигналами первой космической ракеты, запущенной в сторону Луны.

**Март.** В международных радиотелефонных соревнованиях, посвященных 100-летию со дня рождения А. С. Попова, участвовали, кроме советских радиоспортсменов, представители 23 стран мира. Кубок им. А. С. Попова завоевала команда коллективной станции Донецкого радиоклуба в составе С. Бунимовича, В. Осоненко и Л. Яйленко.

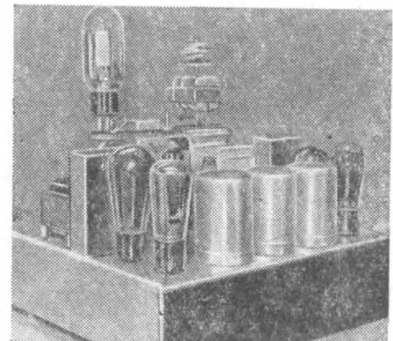
**Декабрь.** Создана Федерация радиоспорта СССР. Председателем ее президиума избран Герой Советского Союза Э. Т. Кренкель.



«Малая политотдельская» радиостанция, выпущенная в 1935 г. для обслуживания радиосвязью политотделов МТС и совхозов по предложению комсомольцев-радиолюбителей Московского радиозавода имени С. Орджоникидзе.



Значок «Активисту-радиолюбителю». Вручался активным радиолюбителям-общественникам, сдавшим радиотехнический минимум.



Самодельный любительский телевизор с зеркальным винтом для приема 30-строчного телевидения.



Вручение Ю. А. Гагарину аттестата мастера радиоспорта и диплома за первую радиосвязь Космос — Земля на коротких и ультракоротких волнах. Вручает диплом председатель президиума Федерации радиоспорта Э. Т. Кренкель.



На XIX Всесоюзной выставке радиолюбительского творчества. Демонстрация «кибернетического кота».

**В этом году.** На всесоюзных соревнованиях по приему и передаче радиogramм личное первенство оспаривалось среди радистов, ведущих прием и запись от руки («ручников») и на пишущей машинке («машинистов»).

Чемпионом СССР по приему радиogramм с записью на пишущей машинке стал Н. М. Тартаковский (Киев), а по приему с записью текстов от руки — И. Г. Лившиц (Душанбе). В 1960 г. чемпионом СССР среди «машинистов» вновь стал Н. М. Тартаковский, а среди «ручников» А. Глотова (Москва). Они же остались чемпионами в 1961 г.

В дальнейшем чемпионами среди «машинистов» были: М. Тхорь (1962 г.), В. Тарусова (1963 г.) и Г. Рассадин (1964 г.); среди «ручников»: И. Андриенко (1962 и 1963 гг.), И. Часовских (1964 г.).

## Год 1960

**Июнь.** Советские радиоспортсмены впервые приняли участие в международных соревнованиях по «охоте на лис», проведенных в Лейпциге (ГДР) во время европейской встречи (форума) радиолюбителей. Победу в соревнованиях как в командном, так и в личном зачете одержали советские «охотники». В личном зачете победили В. Фролов (Ашхабад) и А. Акимов (Москва).

## Год 1961

**Апрель.** Впервые в истории человечества установлена двусторонняя радиосвязь Космос — Земля. Голос первого в мире космонавта гражданина СССР Юрия Алексеевича Гагарина слышали многие советские и иностранные радиолюбители. Федерация радиоспорта СССР зарегистрировала эту радиосвязь в качестве всесоюзного рекорда и присвоила Ю. А. Гагарину звание мастера радиоспорта.

**Май.** В залах Московского Политехнического музея была открыта XVII Всесоюзная радиовыставка, посвященная XXII съезду КПСС. Из 15 000 конструкций, показанных на 140 местных выставках, на Всесоюзную было представлено 576 лучших.

**Июль.** Самые сильные советские радиоспортсмены приняли участие в финальных соревнованиях II Всесоюзной спартакиады по техническим видам спорта (радиосвязь, «охота на лис», скоростной радиоприем). Чемпионами спартакиады стали В. Фролов, Г. Бахтерева, Н. Тартаковский, А. Глотова и многие другие.

**Август.** Советские «охотники на лис» приняли участие в первенстве Европы, которое было проведено в Швеции близ Стокгольма. Первым чемпионом Европы по «охоте на лис» на диапазоне 144 МГц стал москвич Александр Акимов.

## Год 1962

**Январь.** Радиоспорт включен в Единую всесоюзную спортивную классификацию.

**19 мая.** В день 40-летия пионерской организации имени В. И. Ленина во Всесоюзном лагере «Артек» открыта пионерская радиостанция «УБ5 Артек».

**Июнь.** Федерация радиоспорта СССР вступила в Международный союз радиолюбителей (ИАРУ).

**Август.** В Вильнюсе состоялось третье Первенство Европы по «охоте на лис». Среди команд десяти стран сильнейшей оказалась сборная СССР. Чемпионами Европы стали Анатолий Гречихин и Георгий Румянцев.

## Год 1963

**5 февраля.** Оператором коллективной радиостанции Куйбышевского радиоклуба Евгением Покровским установлена уверенная радиосвязь с Советской антарктической экспедицией в поселке Мирном.

**17 марта.** Проведены первые SSB<sup>1</sup> соревнования на кубок Центрального радиоклуба СССР. В них приняло участие 119 любительских радиостанций. Первое место и переходящий кубок присуждены В. Н. Гончарскому (г. Львов).

**Июль.** На берегу Обского моря неподалеку от Новосибирска функционировал первый в стране областной лагерь юных радиолюбителей, организованный по инициативе Новосибирского радиоклуба ДОСААФ и областной станции юных техников.

**13—25 октября.** В Москве, в залах Политехнического музея функционировала XIX Всесоюзная выставка творчества радиолюбителей-конструк-

<sup>1</sup> SSB — сокращенное название однополосной модуляции, принятое в радиолюбительском коде. Происходит от английского singleside broadcast, что означает в переводе одна боковая полоса.

торов ДОСААФ. На ней демонстрировалось 450 различных аппаратов. Девиз выставки «Радиолюбители техническому прогрессу».

**16 декабря.** Издательство «Энергия» и редакция Массовой радиобиблиотеки провели в большом зале Государственной библиотеки имени Ленина встречу с читателями и авторами по случаю выхода в свет 500 книг МРБ, общий тираж которых 25 млн. экз. На вечере с большой речью выступил член редколлегии МРБ академик А. И. Берг.

**Декабрь.** Георгий Румянцев (Ленинград) на диапазоне 144 Мгц установил всеобщий рекорд, проведя связь с радиолюбителем г. Цюриха (Швейцария).

**В этом году.** Советские коротковолновики послали и получили 1,5 млн. карточек-квитанций.

## Год 1964

**Январь.** Началась III Всесоюзная спартакиада по техническим видам спорта.

**Март.** Двукратный чемпион Европы по «охоте на лис», мастер спорта СССР Анатолий Иванович Гречихин награжден одной из самых почетных спортивных наград — памятной медалью «За выдающиеся спортивные достижения».

**Июнь.** В пионерском лагере «Артек» проведен I Всесоюзный слет юных радиолюбителей.

Во время слета в эфире непрерывно находилась пионерская радиостанция, на которой несли вахту юные коротковолновики.

Проведены соревнования по «охоте на лис» и радиомногоборью. Выявились первые чемпионы СССР по радиоспорту среди юных радиолюбителей.

**Август.** Вышел юбилейный номер журнала «Радио», посвященный его 40-летию.

**27 августа.** В Краснознаменном зале ЦДСА состоялся вечер, посвященный 40-летию журнала «Радио».

**11—25 октября.** В Политехническом музее в Москве проходила XX Всесоюзная выставка творчества радиолюбителей-конструкторов ДОСААФ.

**Декабрь.** Вышел «Ежегодник Массовой радиобиблиотеки», юбилейный 500-й выпуск МРБ, посвященный 40-летию радиолубительства.

## Год 1965

**Февраль.** Тираж журнала «Радио» достиг 800 тыс. экземпляров.

**13 января.** Доктору медицинских наук известному радиолубителю Ивану Тимофеевичу Акулиничеву в Москве в Доме дружбы народов вручена золотая медаль — приз имени Колумба, присужденный Институтом международных связей в Генуе, на родине Христофора Колумба.

Эта почетная награда присуждается ежегодно радиолубителям, использовавшим свои радиостанции на благо служения человечеству — для спасения жизни, оповещения о надвигающейся опасности и для активной деятельности во время несчастных случаев и т. п., или награждают радиолубителей, которые своей конструкторской работой, изобретениями, публицистической деятельностью способствовали развитию радиоэлектроники.

В дипломе, врученном И. Т. Акулиничеву, говорится: «Золотая медаль присуждается доктору Ивану Тимофеевичу Акулиничеву — представителю Федерации радиоспорта СССР».

Обоснование награждения:

Являясь радиолубителем с 1927 г. и состоя членом Международной федерации биоастронавтики, он изобрел множество электронных приспособлений, особенно в области электродиагностики и электротерапии; он привнес в сферу своей научной деятельности изобретательность ума и дух поиска, которые характеризуют работу радиолубителей, и поставил на службу человечеству свои открытия. Он являет собой яркий пример того, как радиолубитель может внести вклад в дело, имеющее высокую общественную и человеческую ценность».

**Апрель.** Президиум Верховного Совета СССР наградил орденами и медалями большую группу советских спортсменов.

В числе удостоенных медали «За трудовое отличие» чемпион Европы по «охоте на лис» мастер спорта А. Гречихин. Он первый радиоспортсмен, удостоенный правительственной награды за достижения в радиоспорте.

\* \* \*

Огромный, охваченный творческим огнем, всесоюзный коллектив радиолубителей самоотверженно работает на пользу строительства материальной основы коммунизма.



Юбилейный номер журнала «Радио», посвященный 40-летию журнала.



Мастер спорта Анатолий Гречихин.



## ЛИТЕРАТУРА

Б р е н е в И. В., А. С. Попов. К столетию со дня рождения, Общество по распространению политических и научных знаний РСФСР, Ленинградское отделение. Научно-техническое общество радиотехники и электросвязи имени А. С. Попова, Ленинград, 1959.

В брошюре изложена биография А. С. Попова, история изобретения им радио и краткий обзор его научной деятельности.

П о п о в А. С., О беспроводной телеграфии, Сборник статей, докладов, писем и других материалов, под ред. и со вступительной статьей А. И. Берга, Физматгиз, 1959. Библиотека русской науки.

Книга, рассчитанная на широкий круг читателей, интересующихся историей науки, дает собрание материалов, относящихся к знаменательной дате — столетию со дня рождения изобретателя радио А. С. Попова.

У истоков советской радиотехники, Сборник воспоминаний работников Нижегородской радиолaborатории имени В. И. Ленина, составитель Ф. А. Лбов, Горьковское книжное издательство, 1959.

Содержит 12 очерков о различных технических направлениях в деятельности радиолaborатории и ее выдающихся ученых.

В сборнике приняли участие: П. И. Кондратьев, А. М. Кугушев, Ф. А. Лбов, С. М. Леушин, В. Н. Листов, Б. А. Остроумов, Г. А. Остроумов, П. А. Остряков, А. А. Пистолькорс, П. Н. Ромлау, И. М. Рушук и А. А. Седов.

К а з а н с к и й Н., Радиолюбительский спорт, Изд-во ДОСААФ, 1960.

Краткое изложение истории развития радиоспорта и методические указания по подготовке коротковолнников к соревнованиям, подготовке разрядников и проведению соревнований. Приведены материалы об организации судейской работы по радиолюбительскому спорту.

Ш а м ш у р В. И., Ленин и развитие радио, Связьиздат, 1960.

Книга рассказывает об основных этапах первых лет развития советской радиотехники, неразрывно связанных с именем В. И. Ленина. В книге приведены постановления Советского правительства, воспоминания участников радиостроительства первых лет Октября, многочисленные записки и высказывания Владимира Ильича, свидетельствующие о высокой оценке им значения и возможностей радио. Значительное место уделяется Нижегородской лаборатории имени В. И. Ленина.

В заключительных главах рассказывается, как В. И. Ленин заботился о развитии радиосвязи в Красной Армии и как выполнялись предначертания Ленина о радиостроительстве.

Из истории отечественной радиопромышленности, Сборник документов и материалов, составители Г. И. Головин и В. В. Петраш, Государственный комитет Совета Министров СССР по радиоэлектронике, Центральный государственный архив Военно-Морского флота СССР, 1962.

Сборник посвящен созданию и деятельности первого в России государственного радиотехнического предприятия в период 1900—1917 гг.; состоит из документов, хранящихся в фондах центрального государственного архива Военно-Морского флота. Кроме того, в сборнике помещены воспоминания П. Н. Рыбкина, В. П. Вологодина и Е. А. Поповой-Кьяндской, относящиеся к организации и деятельности первого отечественного радиотехнического предприятия.

П е р е с ы п к и н И. Т., Военная радиосвязь, Воениздат, 1962.

Первая книга, обобщающая и систематизирующая материалы о возникновении, развитии радиосвязи для управления войсками. Начав изложение с работ великого русского ученого — изобретателя радио А. С. Попова, основоположника военной радиосвязи и создателя первых военных радиостанций, автор рассказывает о роли В. И. Ленина в развитии советского радио, радиосвязи в период гражданской войны и в годы мирной передышки. Основное внимание уделяется организации радиосвязи и использованию радиосредств во время Великой Отечественной войны.

А р с е н ь е в Н., Герои-связисты, Изд-во ДОСААФ, 1963.

В книге рассказывается о видах и средствах связи, о том как они используются в бою, о героизме связистов и радистов в годы Великой Отечественной войны, о подготовке связистов в мирные дни в кружках и клубах ДОСААФ и творчестве радиолюбителей.

70 лет радио, Научно-технический сборник под общей редакцией А. Д. Фортусенко, изд-во «Связь», 1965.

В сборнике освещены состояние и перспективы развития важнейших отраслей современной радиотехники. В нем помещены обзорные статьи по вопросам радиосвязи, радиовещания, телевидения, радиорелейной и космической радиосвязи, радиоастрономии, квантовой радиотехники, радиолокации и радионавигации, электронным и полупроводниковым приборам, передатчикам и радиоприемникам, антеннам и распространению радиоволн, микроминиатюризации, радиотелеметрии, применению радиоэлектроники в науке и народном хозяйстве.

Р е з н и к о в М. Р., День радио, изд-во «Связь», 1965.

Рассчитанная на широкие круги читателей, интересующихся вопросами радиотехники, а также на агитаторов и пропагандистов, брошюра дает краткий исторический очерк изобретения радио и развития радиоэлектроники в нашей стране.

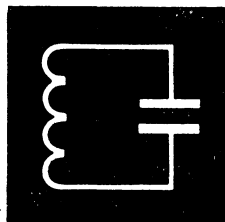
В последующих разделах рассказывается о роли В. И. Ленина в развитии советской радиотехники и радиовещания и дан обзор современных достижений радиоэлектроники.

Б р е н е в И. В. Изобретение радио А. С. Поповым, изд-во «Советское радио», 1965.

Посвященная семидесятилетию изобретения радио, брошюра знакомит с биографией А. С. Попова. Автор брошюры подвергает критике ошибки, допускаемые в отдельных трудах, в освещении первых этапов рождения радио. Сопоставляя первичные документы о ходе работ А. С. Попова и Г. Маркони автор обосновывает приоритет А. С. Попова в практическом осуществлении беспроводной связи с помощью радиоволн и публикации технических элементов разработанной им системы. Одновременно здесь весьма объективно раскрывается роль итальянского инженера Г. Маркони в области дальнейшего развития и совершенствования радиосвязи.

Отдельные главы книги посвящены оценке деятельности А. С. Попова международной общественностью в первые годы после изобретения радио: о присуждении А. С. Попову на IV международном электротехническом конгрессе в Париже в 1900 г. Большой золотой медали за его изобретение и о чествовании А. С. Попова на международной конференции в Берлине.





# РАДИОПЕРЕДАЧА И РАДИОПРИЕМ

## РАДИОВОЛНЫ И КОЛЕБАНИЯ <sup>1</sup>

Бросьте на гладкую водяную поверхность камень, и на ней появятся волны, кругами расходящиеся во все стороны. Это — водяные волны, они создаются в воде и в ней же распространяются.

Звуковые волны в открытом пространстве создаются в воздухе и в нем же распространяются: удалите воздух, и звуки исчезнут. Из чего же созданы и в чем распространяются радиоволны?

В некоторых книгах дается такое пояснение:

Радиоволны — это *«распространяющиеся в пространстве переменные электромагнитные поля»*.

Попробуем воспользоваться этой формулировкой в качестве исходной в наших объяснениях природы радиоволн.

Позвольте напомнить Вам из школьных уроков по физике, что вокруг всякого проводника с электрическим током существует магнитное поле, а вокруг тела с электрическим зарядом — электрическое поле. Даже если Вы забыли это, то, вероятно, замечали, что гребенка или расческа, которой Вы только что привели в порядок Ваши волосы, стремится притянуть к себе легкие предметы вроде кусочков папиросной

бумаги, шерстинок и пр. Эта же самая гребенка до использования ее по прямому назначению не обладала свойствами притягивать посторонние предметы.

Объяснение простое: от трения о волосы гребенка приобрела электрический заряд, отчего вокруг гребенки возникло электрическое поле. Оно-то и действует на легкие предметы, притягивая их.

Полями вообще называют формы материи, в которых обнаруживается действие каких-либо сил. Например, в поле земного тяготения обнаруживается притяжение к земле.

Форма материи, в пределах которой сказывается действие электрических сил, называется *электрическим полем*. Сильнее заряд — и поле сильнее. Нет заряда — нет поля.

У нас в руке медный провод, по которому течет ток, а на столе — обычный компас. Стрелка компаса ориентирует Вас в пространстве, указывая север.

Поднесите к компасу этот провод, расположите его вдоль стрелки, и стрелка отклонится в сторону (рис. 1). Увеличьте ток — стрелка отклонится еще больше. Уменьшите ток — отклонение стрелки уменьшится. Выключите ток — стрелка опять укажет север. Значит, не сам провод влияет на стрелку компаса, а ток, протекающий по нему.

<sup>1</sup> Бажанов С. А., Что такое радиолокация, Воениздат, 1948.

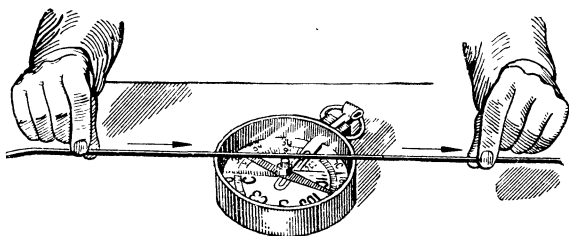


Рис. 1. Ток, идущий по проводу, отклоняет стрелку компаса.

Объяснение простое: ток создает вокруг провода магнитное поле, и это поле действует на стрелку компаса.

Форма материи вокруг магнита или проводника с током, где обнаруживается действие магнитных сил, называется *магнитным полем*. Сильнее ток — сильнее магнитное поле. Нет тока — нет поля.

Переменный ток создает и переменное магнитное поле.

То же самое можно сказать и о переменном электрическом поле. Если вызвавший его заряд периодически меняет не только свою величину, но и полярность, то такое поле называется *переменным электрическим полем*.

Переменные электрическое и магнитное поля неотделимы друг от друга. Если возникло переменное электрическое поле, то оно всегда создает вокруг себя переменное магнитное поле и, наоборот, переменное магнитное поле обязательно создаст переменное электрическое поле.

Электромагнитные волны, т. е. взаимосвязанные переменные электрическое и магнитное поля, распространяются в воздухе или в безвоздушном пространстве, а также во многих других веществах со скоростью света, равной 300 000 км/сек.

**Электрическая искра.** Достаточно где-либо проскочить электрической искре, как сейчас же вокруг нее возникнут радиоволны. Вы случайно замкнули провода — короткая вспышка, и в пространство выброшен поток радиоволн. Искрят щетки электродвигателя, работает электросварочный агрегат, искрит дуга трамвая или ролик троллейбуса, работает автомобильный мотор с системой электрического зажигания — безразлично: все это наводит пространство радиоволнами.

Именно из-за этих волн от искровых разрядов, будь то разряды атмосферного электричества или же искрение электроустановок, происходят все те трески, которые Вы, вероятно, не один раз проклинали, слушая интересную радиопередачу.

Только удалившись с радиоприемником куда-либо далеко за город, где нет помех радиоприем-

нику от трамваев, электрических лифтов, электромедицинских кабинетов и подобных им устройств, можно вести прием в относительной «электрической тишине».

Вот почему приемные радиостанции выносятся из городов в уединенные места.

Но и здесь не всегда можно укрыться от помех. Гигантский искровой разряд, каким является молния, создает настолько сильный ураган радиоволн, что в грозу из громкоговорителя вырывается оглушительная «артиллерийская канонада».

Радиоволны от молнии сигнализируют о приближении грозы. Первым человеком, сумевшим принимать радиосигналы молнии, был русский ученый, изобретатель радио Александр Степанович Попов. Один из своих приборов, названный им «грозоотметчиком», он использовал для того, чтобы следить за далекими грозами и предсказывать их приближение.

Люди взяли у природы ее рецепт «изготовления» радиоволн.

Все первые радиопередатчики создавали мощные потоки сильно трещащих искр. Радиоволны, порождаемые искрами, переносили в пространство различные сообщения без всяких соединительных проводов. Эти первые радиостанции так и назывались — «станции искрового телеграфа». Радиотелеграфисты мощной Московской искровой радиостанции (на Ходынке), идя на дежурство, еще за полтора—два километра до здания, на слух, по треску искр — этих маленьких молний, могли читать сообщения, передаваемые знаками телеграфной азбуки.

Название «радиостанция» появилось значительно позже.

Современная радиотехника отказалась от весьма несовершенных искровых станций. Но пучок искр до сих пор остается в эмблеме на погонах военных связистов.

**Как создаются радиоволны.** Нам предстоит ознакомиться с тем, как создаются радиоволны современными радиопередающими станциями.

Краткое определение сущности создания радиоволны таково:

*Проводник с переменным током высокой частоты при некоторых условиях способен излучать в окружающее пространство радиоволны.*

Это определение станет понятным, когда будет раскрыт внутренний смысл каждого слова. «Проводник» — но какой, всякий ли? Дальше мы увидим, что нет, далеко не всякий. «Переменный ток высокой частоты» — как это понимать? Что значит «при некоторых условиях»? При каких именно? «Излучать» — как?

Переменным называется ток, периодически меняющий не только свою величину, но и направление. Следует еще раз подчеркнуть, что

слово «переменный» относится именно к направлению. Как бы ни менял свою величину электрический ток, его нельзя назвать переменным, если он не меняет направления.

Переменный ток течет попеременно то в одну сторону, то в другую, как бы повторяя колебательные движения качелей или часового маятника. Недаром существует технический термин «электрические колебания».

**Чему учит маятник.** К концу маятника часов я прикрепляю легкое перышко или волосок, смоченный жидкой краской, затем толкаю маятник и подношу к перышку листок бумаги. Перышко начинает вычерчивать на листке прямую линию — след колебаний маятника; чем больше размахи маятника, тем больше ее длина. Теперь я начинаю равномерно передвигать листок бумаги в направлении, перпендикулярном плоскости колебаний маятника. Прочерчиваемая линия растянется, развернется в волнообразный график (рис. 2). Колебания маятника зарегистрированы — получился график колебаний или, как его называют, осциллограмма.

Осциллограмма свидетельствует о том, что размахи маятника быстро уменьшались, и вскоре маятник остановился. Трение в точке подвеса маятника и в точке касания перышка с бумагой, а также сопротивление воздуха сделали свое дело. Колебания быстро затухли. Перед нами график *затухающих колебаний*.

Иную картину представляет график, показанный на рис. 3. Сила тяжести гирь преодолевала действие на маятник всех тормозящих усилий. Поэтому маятник отщелкивал удар за ударом, не уменьшая размахов. Можно было бы целый день вытягивать из-под такого маятника бумажную ленту, и все время вычерчивалась бы на

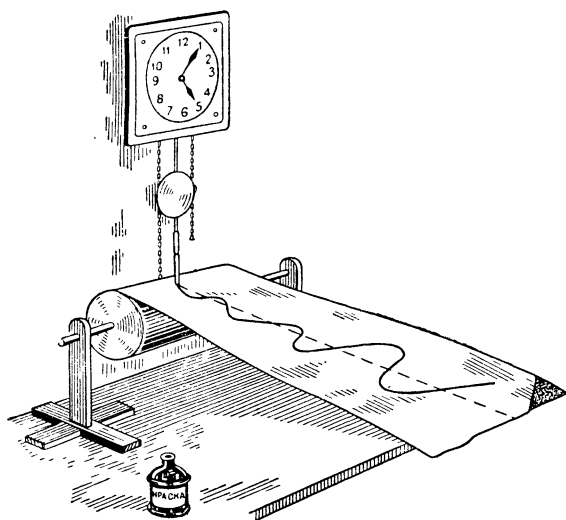


Рис. 2. Затухающие колебания маятника.

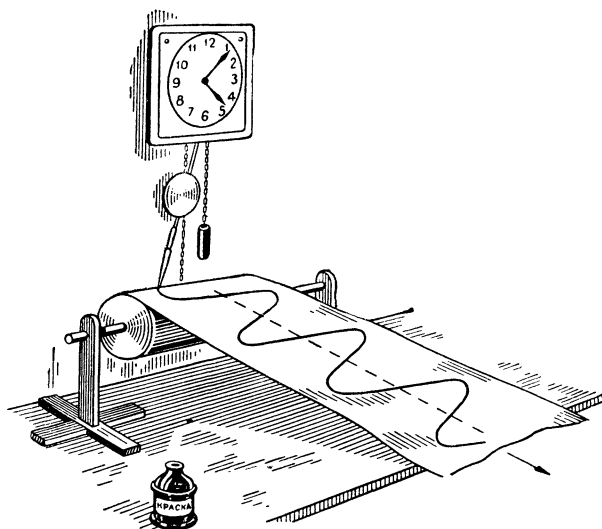


Рис. 3. Незатухающие колебания маятника.

ней волнообразная кривая *незатухающих колебаний*.

У всякой профессии свой язык. Электрик или радист не скажет «размах» там, где речь идет о колебаниях: не размах, а амплитуда. Уважая профессиональные привычки, мы должны сказать так: *у затухающих колебаний амплитуды убывают, у незатухающих — остаются неизменными*.

**Колебательный контур.** Не только маятник или качели, но и электрический ток можно заставить совершать затухающие или незатухающие колебания.

Для этого служит очень простое электрическое устройство — *колебательный контур*. Это своего рода «электрический маятник». Но в отличие от колебаний обычного маятника электрические колебания в контуре совершаются невероятно быстро. На каждое колебание затрачивается ничтожно малая доля секунды, поэтому число колебаний в секунду очень велико.

Колебательный контур состоит всего из двух основных частей: катушки индуктивности и конденсатора. Катушка представляет собой некоторое число витков медной проволоки, а конденсатор (самый простой) — две металлические пластинки, разделенные слоем диэлектрика.

Чем больше площадь пластин и чем ближе они расположены одна к другой, тем при прочих равных условиях большей электрической емкостью обладает конденсатор (рис. 4). На величину емкости влияет и вещество диэлектрика. Конденсатор с бумагой в качестве диэлектрика «впитает» в себя в 2 раза больше электричества, чем такой же конденсатор, но с воздухом вместо бумаги. Слюдяной конденсатор «сгустил» бы



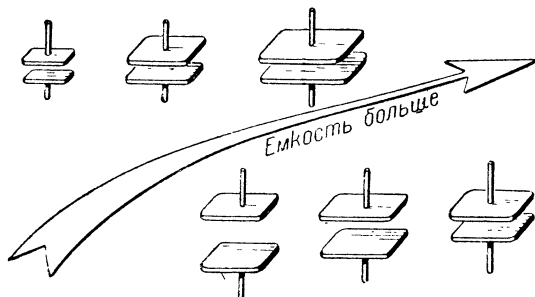


Рис. 4. Чем больше площадь пластин конденсатора и чем ближе одна к другой, тем больше емкость.

в себе («конденсатор» по-русски означает «сгуститель») в 6 раз больший заряд, чем такой же воздушный конденсатор.

Если присоединить концы катушки к пластинам конденсатора, получится колебательный контур (рис. 5).

Маятник мы отводим вбок или даем ему толчок, и он начинает мерно раскачиваться из стороны в сторону. Колебательный контур тоже можно «подтолкнуть». К нему необходимо подвести некоторое количество электрической энергии, чтобы электроны пришли в колебательное движение. Для этого конденсатор следует зарядить от какого-либо источника тока (рис. 6, а), а затем подключить к нему катушку индуктивности. Электрическое напряжение  $U$  на пластинах конденсатора и сообщит электронам тот электрический «толчок», который необходим для возбуждения колебаний в контуре. Конденсатор станет разряжаться через катушку, и в цепи потечет ток  $i$  (рис. 6, б).

С появлением тока скажется тормозящее влияние катушки — ее индуктивность, которая зависит от числа витков, размеров и формы катушки. *Индуктивность* — это электрическая инерция. Она противодействует всякому изменению тока, подобно тому, как инерция тела препятствует изменению его скорости. Вследствие противодействия катушки электрической инерции ток будет нарастать постепенно и достигнет наибольшей величины  $I_{\text{макс}}$  в тот момент, когда конденсатор полностью израсходует свой электрический заряд, т. е. разрядится.

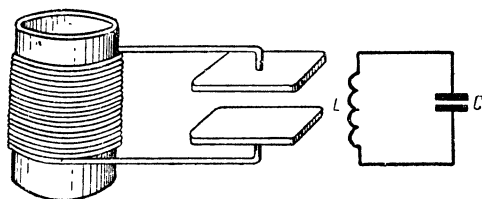


Рис. 5. Колебательный контур состоит из конденсатора  $C$ , катушки  $L$  и соединительных проводников.

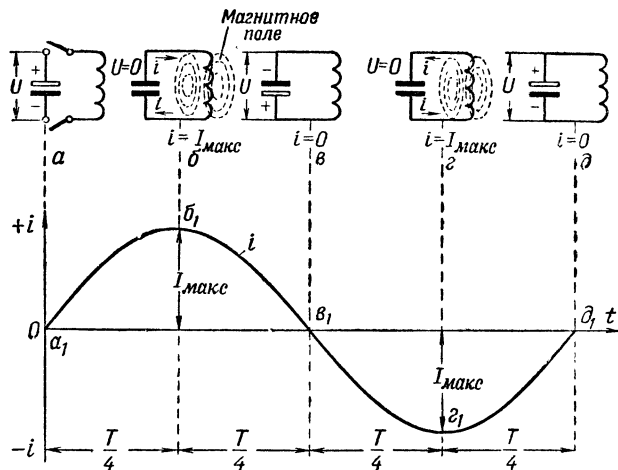


Рис. 6. Получение переменного тока в контуре.

Теперь, казалось бы, ток должен исчезнуть. На самом же деле благодаря электрической инерции он не прекратится и будет протекать в ту же сторону за счет энергии, которая сосредоточилась в катушке. Но ток станет постепенно убывать. Разряженный конденсатор будет теперь заряжаться в обратном направлении: пластина, имевшая положительный заряд, будет заряжаться отрицательно, а пластина, имевшая отрицательный заряд, — положительно.

Когда энергия полностью сосредоточится в конденсаторе, ток в контуре прекратится (рис. 6, в), но процесс на этом не остановится. Зарядившийся конденсатор опять начнет разряжаться: в контуре потечет ток, но уже в обратном направлении (рис. 6, г). Он возрастет до максимальной величины, а затем снова упадет до нуля. В этот момент завершится полный цикл изменения тока в контуре, т. е. закончится одно электрическое колебание (рис. 6, д). После этого все изменения тока станут повторяться, подобно тому как повторяются перемещения маятника. В контуре возникнут электрические колебания.

Колебания в контуре, происходящие без какого-либо влияния со стороны, чрезвычайно кратковременны. Это объясняется тем, что электрический ток нагревает провод катушки. Энергия электрических колебаний превращается в тепло, которое рассеивается. Потери эти неизбежны, поэтому колебания в контуре быстро затухают. Амплитуда их становится все меньше и меньше, и, наконец, колебания практически прекращаются. Они длятся очень малую долю секунды.

Затухающими колебаниями пользовались в первые годы развития радиотехники. Но теперь они не применяются. Уже много лет назад были разработаны способы получения незатухающих колебаний, на применении которых и основыв-

вается современная радиотехника. Незатухающие колебания — это колебания с неослабевающей силой. Амплитуда их не меняется.

Для того чтобы получить незатухающие колебания, нужно особое устройство, которое «подбрасывает» колебательному контуру все новые и новые порции энергии. В часах роль этого устройства выполняет гиря или пружина. Как это делается в колебательном контуре, мы узнаем дальше.

**Период и частота.** В здании Исаакиевского собора в Ленинграде под куполом подвешен длинный маятник, служащий для доказательства вращения Земли вокруг своей оси. Длина маятника 98 м. На одно полное колебание, т. е. на движение маятника от отвеса в одну сторону, переход в противоположную сторону и возвращение к отвесу, затрачивается 20 сек. Маятник же часов-ходиков в течение секунды успеет сделать два колебания. Словом, чем длиннее маятник, тем медленнее совершает он колебания, тем больше период его колебаний.

*Периодом* называется время одного полного колебания.

От десятков секунд до десятых долей секунды — таковы пределы (диапазон) изменений периодов колебаний маятников.

Колебания в электрическом контуре могут совершаться тоже с разными периодами, но диапазон их гораздо более широкий. Никакой маятник не сможет в 1 сек совершить несколько тысяч колебаний, тогда как для электрического тока такие колебания считаются медленными.

Период электрических колебаний определяется тем, насколько быстро конденсатор может заряжаться и разряжаться, а катушка — управляться со своим магнитным полем.

Число колебаний в секунду называется частотой колебаний. Единица измерения частоты называется «герц». Один герц (сокращенно 1 гц) — это полное колебание в секунду, т. е. один период в секунду.

Частота электрических колебаний в контуре определяется величинами индуктивности катушки и емкости конденсатора. Чем больше индуктивность, тем сильнее скажется ее тормозящее действие на изменении электрического тока в контуре и тем медленнее будут совершаться колебания. Так же влияет на частоту колебаний и емкость. С увеличением емкости конденсатора возрастает время, необходимое для его заряда и разряда. Значит, период колебаний будет продолжительнее, а число колебаний в секунду меньше.

Следовательно, изменяя индуктивность и емкость контура, можно менять частоту происходящих в нем электрических колебаний, подобно тому как скрипач, перемещая пальцы по грифу

скрипки и удлиняя или укорачивая струны, изменяет тон, т. е. частоту колебаний.

В радиотехнике приходится иметь дело с электрическими колебаниями, частота которых достигает многих тысяч и миллионов герц. Оперировать всякий раз с такими большими числами так же неудобно, как неудобно выражать путь от Москвы до Ленинграда в метрах или вес поклажи грузового автомобиля в граммах. Общепринято пользоваться более крупными кратными единицами: килогерц (кгц) — тысяча герц и мегагерц (Мгц) — миллион герц.

Излучение радиоволн становится практически возможным лишь в том случае, если частота колебаний не ниже нескольких десятков тысяч герц. Вот почему для излучения радиоволн нужен не просто переменный ток, а переменный ток высокой частоты.

При помощи колебательного контура можно получить электрические колебания практически любой частоты — от долей герца до многих сотен и тысяч мегагерц. Для этого надо только подобрать соответствующие емкости и индуктивности колебательного контура.

**Открытый колебательный контур.** Не следует думать, что достаточно создать в колебательном контуре высокочастотные колебания, для того чтобы он стал излучать в окружающее пространство радиоволны. Вот тут-то и приходится вспомнить «некоторые условия», о которых мы в свое время лишь упомянули.

Эффект излучения радиоволн тем ощутительнее, чем большее пространство охватывается электрическим и магнитным полями контура. Конденсатор же по размерам очень невелик и поле его, хотя и сильное, очень собрано, сжато. Оно занимает небольшой объем пространства. То же следует сказать и о магнитном поле: оно собрано, сжато вокруг витков катушки.

Колебательный контур, емкость и индуктивность которого сосредоточены, вследствие чего поля ограничены небольшим объемом, называется *замкнутым колебательным контуром*. Применяя его в качестве излучателя радиоволн, можно ожидать не большего успеха, чем от попытки нагреть большую комнату раскаленным добела гвоздем.

Итак, чтобы усилить излучение радиоволн, надо увеличить размеры электромагнитного поля.

Сразу же напрашивается решение раздвигать пластины конденсатора, и тогда в электрическое поле будут включаться все новые и новые части пространства. Но при раздвижении пластин уменьшается емкость конденсатора. Контур начнет создавать колебания иной частоты. Есть выход: одновременно с раздвижением пластин увеличивать их размеры, и тогда емкость конденсатора остается неизменной.

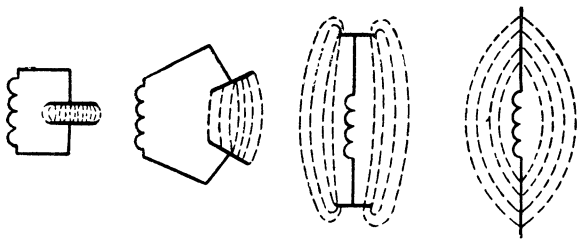


Рис. 7. Раздвигая пластины конденсатора, получим открытый колебательный контур.

На рис. 7 показано, как постепенное раздвижение пластин приводит к созданию открытого колебательного контура. Емкость у него образована двумя большими пластинами, удаленными одна от другой на значительное расстояние. Вместо сплошной пластины можно применять две длинные проволоки, так как они образуют конденсатор вполне достаточной емкости.

Для большего охвата пространства электрическим полем одну проволоку на мачтах поднимают высоко вверх, а другую располагают у самой земли. Если по такому открытому колебательному контуру начнет протекать ток высокой частоты, излучение радиоволн обеспечено.

Когда А. С. Попов начал применять радиоволны для целей связи без проводов и нашел необходимым увеличить размеры открытого колебательного контура, одну проволоку он поднял на высокой мачте вверх, а другую зарыл в землю. Земля — достаточно хороший проводник и по своему действию вполне заменяет одну из пластин конденсатора.

Емкость открытого колебательного контура была образована поднятой вверх проволокой и землей, разделенными слоем воздуха. Провод, поднятый кверху, получил название «антенна». В переводе на русский язык с греческого это слово означает усики (насекомого). Это название дано было по внешнему сходству.

Мы уже знаем, что не могут отдельно существовать переменные магнитное и электрическое поля. Поэтому при циркулировании в открытом колебательном контуре токов высокой частоты в окружающем пространстве будет возникать электромагнитное поле.

Сила или, лучше сказать, напряженность этого поля будет тем большей, чем сильнее вызвавший ее ток, чем больше амплитуда колебаний тока в контуре. Колебательный ток с небольшой амплитудой создаст вокруг антенны электромагнитное поле небольшой напряженности. Наоборот, ток с большой амплитудой создаст сильное электромагнитное поле. Чем

больше напряженность поля, тем на более далеком расстоянии оно способно действовать.

**Излучение радиоволн.** Мы вплотную подошли едва ли не к самому сложному явлению, с которым имеет дело радиотехника, — к излучению радиоволн. Нам нужно «заставить» перемещаться переменное электромагнитное поле антенны. Опираясь на формулировку, приведенную в начале статьи, мы можем поставить знак равенства между перемещающимися электромагнитными полями и радиоволнами. Останется пояснить, в силу каких причин электромагнитное поле «покидает» антенну и «отправляется» в самостоятельное путешествие.

Электромагнитное поле антенны «дышит» с частотой вызвавшего его тока. Следуя за всеми изменениями тока в антенне, поле как бы «втягивается» в антенну, когда ток в ней уменьшается до нуля, и как бы «разбухает», когда ток достигает максимального значения.

Ток в антенне не ждет. Счет идет на миллионные доли секунды — микросекунды. Электромагнитное поле должно поспевать вслед за током «втягиваться» и «разбухать». Тем участкам электромагнитного поля, которые находятся у самой поверхности провода антенны, не потребуется много времени на то, чтобы быстро «всосаться» обратно в антенну при «втягивании», т. е. в моменты прекращения в ней тока. Но участкам, находящимся на периферии огромного электромагнитного поля, придется поспешить. Может получиться, в действительности так и получается, что периферийные участки поля еще не успевают «втянуться» в антенну, как навстречу им начнет двигаться, «разбухая», новое поле. Оно не пропустит к антенне остатки уже «втянутого» поля (рис. 8).

«Запоздавшее» поле будет отброшено антенной. С каждым «вздохом» электромагнитного поля антенна будет толчками отбрасывать в пространство «опоздавшую» его часть. Отброшенные части электромагнитного поля будут вынуждены отходить все дальше от антенны, перемещаясь в пространство.

Так происходит излучение радиоволн.

Будь электромагнитное поле более «аккуратным», успевай оно своевременно «втянуть-

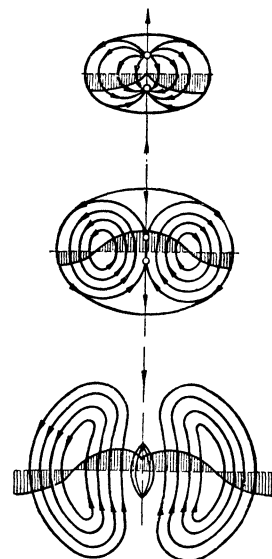


Рис. 8. Антенна излучает радиоволны толчками, «отгоняя» их от себя.

ся» в антенну, никакого излучения не получилось бы. У замкнутого колебательного контура поле очень небольшое. Почти все оно успевает аккуратно следовать за всеми изменениями тока. Не происходит почти никаких запозданий! Но зато практически не получается излучения радиоволн.

**Длина волны.** Скорость, с какой волны увеличивают расстояние между собой и антенной, нам уже известна: 300 000 км в секунду. Такую огромную скорость как нельзя лучше характеризует слово «излучение». Неслучайно все отрасли техники, использующие «перемещающиеся» электромагнитные поля, получили приставку «радио»: радиосвязь, радиопеленгация, радионавигация, радиолокация и пр. Слово «радио» происходит от латинского слова «радиус», означающего «луч».

С каждым новым колебанием электрического тока в антенне в пространство излучается очередная волна. Сколько колебаний тока, столько волн. Но сколько бы волн ни излучалось, скорость их распространения строго постоянна. Через секунду после начала излучения «голова» первой волны окажется на расстоянии 300 000 км от антенны. Все остальные волны займут промежуточное положение между «головной» волной и антенной радиостанции. На долю каждой волны придется тем меньше расстояние, чем больше волн излучает за секунду антенна, т. е. чем выше частота колебаний тока в антенне. Если частота тока равна 1 Мгц, то это значит, что за секунду антенна излучает 1 000 000 волн. Все они занимают в пространстве, считая по прямой линии в сторону от излучающей антенны, 300 000 км. На долю каждой волны придется

$$300\,000 : 1\,000\,000 = 0,3\text{ км} = 300\text{ м.}$$

Это расстояние есть путь, который успеет пройти волна, излучаемая радиостанцией за время одного колебания тока в антенне, т. е. за один период колебаний (рис. 9). Оно называется длиной волны, которая обозначается греческой буквой  $\lambda$  (ламбда).

При меньшей частоте колебаний каждая волна займет больше места в пространстве. Если

к примеру частота колебаний тока в антенне равна 100 кгц и, следовательно, антенна излучает в секунду 100 000 волн, то каждая волна «растянется» в пространстве на

$$300\,000 : 100\,000 = 3\text{ км} = 3\,000\text{ м.}$$

Наоборот, при повышении частоты колебаний тока в антенне волны должны будут «сжаться». При частоте 100 Мгц длина волны составит лишь

$$300\,000 : 100\,000\,000 = 0,003\text{ км} = 3\text{ м.}$$

Таким образом, чем меньше частота, тем больше длина волны ( $\lambda_2$  на рис. 9). И, наоборот, чем больше частота, тем короче волна ( $\lambda_1$  на рис. 9).

Длина волны  $\lambda$  и частота  $f$  обратно пропорциональны друг другу. Поэтому длину электромагнитной волны  $\lambda$  всегда можно вычислить, если разделить скорость распространения этой волны, равную 300 000 км в секунду, на частоту  $f$ . Для того чтобы длина волны получилась в метрах, как ее обычно принято выражать, скорость распространения также следует брать в метрах (300 000 000 м). Следовательно, можно написать:

$$\lambda\text{ (м)} = \frac{300\,000\,000}{f\text{ (гц)}},$$

или

$$f\text{ (гц)} = \frac{300\,000\,000}{\lambda\text{ (м)}}.$$

Если же частоту выражать в килогерцах, то в этих формулах для получения длины волны в метрах скорость распространения надо брать в километрах (300 000 км), т. е.

$$\lambda\text{ (м)} = \frac{300\,000}{f\text{ (кгц)}} \text{ или } f\text{ (кгц)} = \frac{300\,000}{\lambda\text{ (м)}}.$$

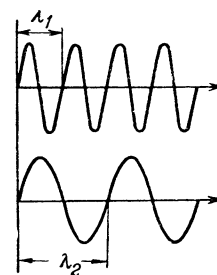


Рис. 9. Расстояние, которое успевает пройти излучаемая радиостанцией волна за время одного периода колебаний тока в антенне, называется длиной волны.

## ОТ МИКРОФОНА ДО АНТЕННЫ <sup>1</sup>

Шесть часов утра по московскому времени. В пространство несутся мерные удары кремлевских курантов, и затем раздаются торжественные звуки гимна. Едва отзвучали его последние ноты, как раздается спокойный, четкий голос диктора:

«Говорит Москва!»..

Так начинается день центрального радиовещания.

Как происходят эти передачи?

Каким образом каждый звук, возникший в радиостудии, на театральной сцене или в другом месте, откуда ведут радиопередачу, мгновенно доносится к вам за сотни и тысячи километров?

<sup>1</sup> По разным источникам.



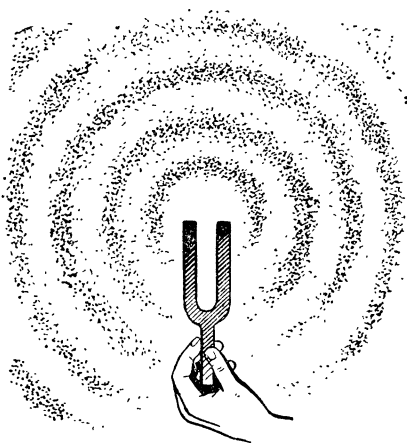


Рис. 1. Звуковые волны вокруг камертона.

Для того чтобы мы могли услышать радиопрограмму, нужно ее сначала передать, а затем принять.

Задача передающей радиостанции состоит в том, чтобы превратить речь, пение, музыку в электрический ток, а затем преобразовать последний в электромагнитные волны и излучить их в окружающее пространство.

Как же практически решается эта задача? Чтобы выяснить это, вспомним, что такое звук. Звук — это колебания какой-либо среды: воздуха, дерева, металла, воды и т. п. Звуковые колебания в неограниченном пространстве распространяются от источника звука по радиусам во всех направлениях. Средняя скорость распространения звука в воздухе  $330 \text{ м/сек}$ .

На рис. 1 условно показаны (на самом деле невидимые глазу) периодические «сгущения» и «разрежения» в звукопроводящей среде, которые и представляют собой звуковые колебания или звуковую волну.

Наше ухо способно воспринимать как звук только колебания определенных частот (от 16 до 20 000  $\text{гц}$ ). Кроме того, амплитуда этих колебаний должна быть достаточно большой, т. е. звук должен обладать определенной силой, иначе мы не сможем его услышать.

И электромагнитные волны и звук — это колебания, но разной природы. Нет ли способа превратить звуковые колебания в электромагнитные? Есть. Для этого сначала нужно звук превратить в колебания электрического тока. Прибор, преобразующий звуковые колебания в электрические, называется *микрофоном* (см. стр. 58).

Но электрические колебания, создаваемые микрофоном, очень слабы; их следует усилить с помощью специальных приборов — усилителей

низкой частоты, а после этого можно передать их по проводам на радиостанцию.

Чтобы понять, как работает радиостанция, придется вернуться к колебательному контуру.

**Снова о колебательном контуре.** Излучая радиоволны, антенна непрерывно посылает в пространство электромагнитное поле высокой частоты. Энергию антенна получает из колебательного контура.

Откуда же черпает энергию колебательный контур? Очевидно, нужно осуществить устройство, передающее контуру все новые и новые количества энергии взамен тех, которые он передает антенне, и тех, которые бесполезно затрачивает в самом себе. Нельзя предполагать, что колебательный контур работает как какой-то «вечный» маятник.

Вот о работе устройств, обеспечивающих создание радиоволн, мы теперь и должны рассказать.

Радиотехника знает много всяких способов «подбрасывания» энергии в колебательный контур. Все они, за исключением одного, были отвергнуты практикой. Дело в том, что подбрасывание новых порций электрической энергии в контур нужно производить в такт с колебаниями. Не вовремя подброшенная порция электрической энергии не только не поддержит колебания, но будет заглушать их.

Наиболее пригодный способ, посредством которого производится передача в контур новых и новых количеств электрической энергии, применяется уже более 50 лет. Мы имеем в виду использование электронной лампы, которая является душой современной радиотехники.

Для ознакомления с тем, как электронная лампа вместе с колебательным контуром создает токи высокой частоты, в качестве главного «действующего лица» мы возьмем трехэлектродную лампу. Для простоты объяснения принципа работы радиопередатчика мы воспользуемся этой старой заслуженной ветеранкой, а не современными более сложными генераторными лампами.

**Поучительный эпизод.** Известен интересный эпизод из истории развития паровой машины. Мальчик был приставлен к примитивной старинной паровой машине. Обязанности были несложные, но весьма однообразные: в строго определенные моменты времени он должен был открывать и закрывать кран. Важно было не спутаться и не открыть кран раньше времени, чтобы не остановить машину. Мальчику, наделенному природной сообразительностью, надоело утомительное занятие. Желая выкроить хотя бы немного свободного времени, он пустился на хитрость. Веревками соединил он кран с качающимся коромыслом машины, предоставив самой машине заботиться об открывании и закрывании

крана в нужные моменты. Машина была переведена с ручного обслуживания на автоматическое. Краны открывались и закрывались без прикосновения рук.

Этот эпизод напоминает, что двумя столетиями позже произошло с изобретением лампового генератора токов высокой частоты.

В 1913 г. была разработана первая схема лампового генератора, положившая начало ряду других схем, обеспечивающих удобные способы получения токов высокой частоты.

В это время знали, что радиолампа может усиливать слабые переменные электрические токи практически любой частоты. Знали и то, что если усиления одной лампы недостаточно, можно включить несколько электронных ламп одну вслед за другой. Несомненно, и до этого времени считали возможным усиленные таким образом мощные колебания высокой частоты подать прямо в антенну. В дверь стучалась идея создания ламповой передающей радиостанции. Не хватало одного: умения решить задачу — откуда взять первоначальный переменный ток, который следует подвести к сетке первой усилительной лампы.

И ученым пришла идея, с внешней стороны имевшая много общего с хитростью мальчика, обслуживавшего паровую машину. Они решили перевести электронную лампу на самообслуживание. Ее заставили заниматься не только усилением где-то и чем-то созданных переменных токов, но и самой возбуждать, генерировать их.

Таким образом, был создан первый ламповый генератор незатухающих колебаний.

**Первый ламповый генератор.** Схема этого генератора исключительно проста (рис. 2). В анодную цепь электронной лампы (триода)  $L$  включен колебательный контур  $LC$ , а в цепь сетки лампы — катушка  $L_c$ , близко расположенная к контурной катушке  $L$ .

Чтобы понять, как работает ламповый генератор, сделаем небольшое допущение. Оно нужно только на короткое время, и мы от него вскоре откажемся. Представим себе, что в колебательном контуре  $LC$  уже поддерживаются незатухающие колебания. Ток в катушке  $L$  непрерывно меняет свое направление, и с такой же частотой заряжается и разряжается конденсатор  $C$ . Следуя за изменениями тока в контуре, меняются величина и направление магнитного поля вокруг катушки  $L$ . То возникая, то исчезая, оно воздействует на витки

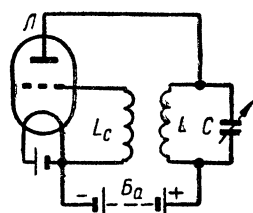


Рис. 2. Схема генератора с трансформаторной связью.

катушки  $L_c$  и наводит в них по индукции э. д. с.

Но к катушке  $L_c$  присоединена сетка лампы; следовательно, с такой же частотой, с какой колеблется ток в контуре, будет меняться и напряжение на сетке. Сетка действует автоматически, она не ошибается: «плюс» на сетке увеличивает анодный ток, протекающий через лампу, а «минус» уменьшает его.

Качели можно раскачивать, подталкивая их в такт. Эту обязанность в лампе с большим приложением выполняет сетка, получающая то положительное, то отрицательное напряжение. Она не дает покоя анодному току, заставляя его совершать непрерывные колебания.

Все время пока нить (катод) лампы накалена, а на ее аноде имеется положительное напряжение, ламповый генератор создает незатухающие колебания. Лампа за счет энергии анодной батареи  $B_a$  покрывает все потери в контуре. Задача получения незатухающих колебаний решена.

Ламповый генератор может быть уподоблен заведенным пружинным часам или стенным часам с поднятыми гири. Упругость пружины или вес гирь полностью компенсирует все тормозящие силы трения и заставляет часовой механизм работать безостановочно.

Теперь мы уже можем отбросить наше допущение. Пусть в анодном контуре еще нет колебаний. Но первый же толчок тока, вызванный включением генератора, импульсом создаст магнитное поле вокруг контурной катушки. Этот импульс будет передан сетке, и та незамедлительно сделает свое дело. «Качели» придут в движение. Раскачиваясь все более, они достигнут максимальной амплитуды, при которой раскачивающих усилий как раз хватит на преодоление всех сил, стремящихся остановить колебания.

Генератор, который работает сам, без ручного или механического управления, сам себя принуждает к действию, самовозбуждается, называется *самовозбуждающимся* генератором.

**Обратная связь.** Разнесите контурную и сеточную катушки на большое расстояние, чтобы магнитное поле контурной катушки не «зацепляло» за витки сеточной катушки, и генератор перестанет работать. Колебания создаются только потому, что анодная цепь связана с сеточной и передает ей возбуждающие импульсы. Такая связь называется *обратной связью*. Катушка  $L_c$ , посредством которой сетка связывается с цепью анода, называется *катушкой обратной связи*. Чем больше витков в ней и чем ближе она расположена к контурной катушке, тем большее напряжение индуктируется в ней, тем сильнее связь.

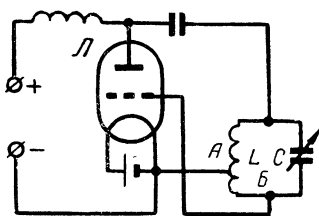


Рис. 3. Схема генератора с автотрансформаторной связью.

ской энергии. Но и лампа не могла бы ничего передать контуру, если бы не получала энергию от источников питания — батареей или электрогенераторов, подающих напряжение на анод.

Частоту колебаний навязывает колебательный контур. Колебания медленные, и электронная лампа будет в таком же медленном темпе передавать контуру порции электрической энергии. Но ей никакого труда не составит производить это со скоростью нескольких миллионов или десятков миллионов раз в секунду.

«Трехточка». Мы уже говорили, что совершенно безразлично, откуда на сетку лампы поступают электрические колебания. В схеме на рис. 2 обратная связь анодного контура с сеткой *трансформаторная*. Однако иметь отдельную катушку обратной связи совершенно необходимо. Применяют схему, у которой сетка (рис. 3) непосредственно присоединена к контурной катушке  $L$ . На сетку лампы  $\Gamma$  подается напряжение с части  $A-B$  контурной катушки. Чем больше витков между точками  $A$  и  $B$ , тем большее напряжение подается на сетку, тем сильнее обратная связь. Наоборот, передвигая соединительный проводник сетки к точке  $B$ , мы уменьшаем обратную связь. Такая связь называется *автотрансформаторной*. В принципе она не отличается от трансформаторной. Оба способа представляют разновидности индуктивной связи: напряжение на сетке создается благодаря электромагнитной индукции.

Непременным условием действия схемы является такое соединение трех проводников от лампы  $\Gamma$  с контуром  $LC$ , при котором провод от катода (нити) присоединяется между проводами от анода и сетки. Только тогда сеточные и анодные импульсы будут действовать в такт. Если анодный ток, например, должен увеличиваться, то для этого должно возрасть положительное напряжение на сетке.

Подачу порций энергии от лампы в контур строго в такт радиоспециалисты называют *подачей в фазе*. Схема с трансформаторной связью может не возбудиться, если импульсы на сетке не в фазе с импульсами анодного тока. В этой схеме правильная фазировка достигается очень

просто: если генератор не возбуждается, достаточно переключить концы сеточной катушки. В схеме с автотрансформаторной связью нужно расположить проводники только так, как показано на рис. 3.

Вследствие своей простоты эта схема пользовалась в свое время особым расположением радиолюбителей. Почти все радиопередатчики первых коротковолновиков имели генератор «трехточку».

**Задающий генератор.** Ламповому самовозбуждающемуся генератору не хватает еще антенны, чтобы стать радиопередатчиком. Различие между мощными и маломощными радиостанциями заключается главным образом в степени усиления первоначально полученных в ламповом генераторе высокочастотных колебаний.

Если требуется мощность больше той, которую в состоянии отдать непосредственно самовозбуждающийся генератор, то применяют каскадное усиление все более мощными лампами. При этом самовозбуждающийся ламповый генератор, первоисточник электрических колебаний, получает название *задающего генератора*: он «задает тон» всем остальным усилительным каскадам.

Задающий генератор — «сердце» передатчика. Останется «сердце» — и все остановится. Первый усилительный каскад ничего не получит на сетку лампы от задающего каскада и поэтому ничего не передаст второму каскаду, второму нечего будет передавать третьему и т. д. Тщетно антенна будет ожидать получения токов высокой частоты от мощного оконечного каскада.

И «сердце» передатчика тщательно оберегают. Ему вредна перегрузка. На него действует тепло, выделяемое током в различных деталях установок. Всякое изменение температуры приводит к изменению размеров металлических конструкций, в частности к изменению размеров деталей конденсатора и катушки контура. Меняется индуктивность, меняется емкость, а от этого меняется генерируемая частота, «гуляет» волна радиостанции.

Чтобы избежать подобных неприятностей, от задающего генератора не требуют большой мощности — лишь бы он генерировал колебания строго определенной частоты. Как нежное растение помещают в оранжерею, так и задающий генератор помещают в камеру со строго постоянной температурой, применяют особые стабилизаторы частоты, которые не позволяют частоте отклоняться от установленного значения.

Связующим звеном между оконечным каскадом и антенной является питающая линия (*фидер*).

Она состоит из проводов или кабеля.

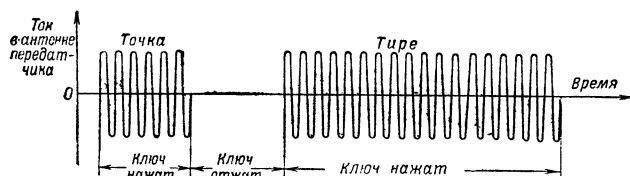


Рис. 4. Графическое изображение тока высокой частоты в антенне передатчика при телеграфной работе.

**Включаем радиопередатчик.** Через радиопередатчики может быть осуществлена передача радиogramм (радиотелеграфная передача), передача речи и музыки (радиотелефонная передача) и передача изображений.

Самый простой вид работы — передача ключом знаков телеграфной азбуки: при нажатии ключа замыкаются его контакты и серия высокочастотных колебаний поступает в антенну, при размыкании контактов подача колебаний в антенну прерывается. Короткое время включения соответствует точке, длинное — тире. Этот процесс называется *манипуляцией* (рис. 4).

А если нужно передать речь или музыку, то следует обратиться к помощи микрофона.

О превращении звука в электрический ток мы знаем. Этот ток мы усилили и направили по проводам на радиостанцию. К передатчику, таким образом, звуки пришли в виде электрических колебаний низкой частоты.

**Модуляция.** Используемые для вещания на больших расстояниях радиоволны имеют длину от 25 до 2 000 м. Частота вызывающего их электрического тока от 12 000 000 гц (12 Мгц) до 150 000 гц (150 кгц). Наивысшая же звуковая (низкая) частота, которую способно воспринимать наше ухо, примерно 20 000 гц.

Колебания, которые мы можем услышать, имеют весьма низкую частоту и их трудно излучать в пространство.

Колебания же, распространяющиеся на огромные расстояния в виде электромагнитных волн, имеют очень высокую частоту. Такие колебания мы не можем слышать.

Остается, видимо, как-то приспособить высокочастотные колебания для «транспортировки» колебаний звуковой частоты.

Такой способ был найден. Колебания звуковой частоты заставляют воздействовать на колебания высокой частоты. Процесс воздействия низкочастотных колебаний на высокочастотные называется *модуляцией*.

Термин «модуляция» издавна применяется в музыке для обозначения перехода из одной тональности в другую — смены ладов.

В электротехнике модуляция — это изменение какой-нибудь из характеристик электрического тока — его величины, частоты, фазы —

в соответствии с колебаниями какого-либо другого тока.

Модуляция — это такое воздействие низкочастотного тока на высокочастотный, когда низкочастотный ток как бы отпечатывает свою форму на высокочастотном.

Ток высокой частоты, на который воздействует телефонный разговор, называется модулируемым током, *модулируемым колебанием*. Высокочастотное колебание после модуляции несет на себе (или в себе) отпечаток тока низкой частоты.

Модуляция осуществляется в передатчике с помощью устройства, называемого *модулятором*. Он осуществляет воздействие токов низких частот на высокочастотные колебания. Вследствие действия электрических колебаний, поступающих от микрофона, амплитуда высокочастотных колебаний меняется. Она становится то больше, то меньше. Эти изменения в точности соответствуют колебаниям микрофонного тока, а следовательно, и звуковым колебаниям. Так, на электрические колебания высокой частоты накладывается «отпечаток» (узор) передаваемых звуков, и в результате получаются *амплитудно-модулированные колебания* (рис. 5). Такой способ модуляции применяется на радиовещательных станциях, работающих на длинных, средних и коротких волнах.

В передатчиках, с помощью которых ведется радиовещание на ультракоротких волнах, осуществляется *частотная модуляция* — сокращенно ЧМ (см. стр. 301).

Назначение радиопередающих станций очень разнообразно. Некоторые из них ведут передачи для больших территорий и располагаются в больших специальных зданиях. Любительская радиостанция размещается в квартире коротковолновика. Но как бы ни различались они по своему виду и размерам, радиотехнические процессы в них почти одинаковы, и отличаются радиостанции в основном только мощностью колебаний и длиной излучаемых радиоволн.

Радиостанция потребляет электрическую энергию от электрической сети, батареи или генератора и преобразует ее в высокочастотные электрические колебания, которые после усиления и модуляции попадают в передающую антенну. Отсюда они уже в виде радиоволн начинают свое путешествие к радиоприемникам.

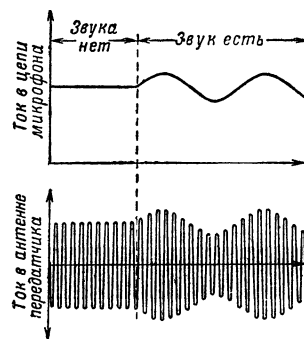


Рис. 5. Графическое изображение амплитудной модуляции.



## РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН <sup>1</sup>

Антенна радиовещательной радиостанции превращает энергию электрических колебаний высокой частоты в энергию радиоволн. Распространяясь вдоль поверхности Земли, радиоволны возбуждают электрические колебания во всех телах, способных проводить электрический ток. Однако большая часть энергии радиоволн уходит в почву: она не является идеальным изолятором и поглощает значительную часть энергии радиоволн. Поэтому дальность распространения длинных и средних волн (о коротких волнах мы расскажем дальше) <sup>2</sup> зависит не только от мощности радиостанции, но и от состояния почвы. Например, зимой, когда земля промерзла и покрыта снегом, она представляет собой намного худший проводник, чем летом. Поэтому зимой длинноволновые и средневолновые радиостанции слышны дальше, чем летом.

Здесь уместно поставить вопрос: если радиоволны распространяются подобно видимому свету, то каким образом возможна радиосвязь на большие расстояния и как радиоволны огибают поверхность Земли? Это явление связано с деятельностью Солнца.

Кроме видимого света, Солнце испускает невидимые лучи, которые имеют ту же природу, что и радиоволны и видимый свет. Это — электромагнитные волны. Однако длина их меньше длины волны самого коротковолнового видимого света. Эти лучи называются ультрафиолетовыми. Они способны разрушать атомы газов, из которых состоит воздух.

Известно, что каждый атом состоит из ядра и вращающихся вокруг него электронов. Положительный заряд ядра уравновешивается отрицательными зарядами электронов, поэтому атомы в обычном состоянии не имеют электрического заряда — они нейтральны.

Под влиянием ультрафиолетовых лучей из атома может вырваться электрон, и положительный заряд ядра уже не будет уравновешен электронами. Атом станет положительно заряженным, т. е. превратится в ион.

Кроме видимого света и ультрафиолетовых лучей, Солнце испускает поток летящих с колоссальной скоростью мельчайших частиц — электронов, протонов (ядер атомов водорода) и др. Сталкиваясь с атомами газов, находящихся

в верхних частях атмосферы, эти частицы также превращают часть из них в ионы <sup>3</sup>. В результате верхняя часть земной атмосферы оказывается насыщенной ионами и свободными электронами. Ее называют ионосферой.

Под воздействием солнечного излучения, как было описано, в ионосфере непрерывно образуются положительные ионы и свободные электроны. Сталкиваясь при своем беспорядочном движении, часть этих ионов и электронов вновь объединяется в нейтральные атомы. Чем больше разрушенных атомов, тем чаще происходят столкновения между образовавшимися ионами и электронами. Поэтому в конце концов между процессами — разрушения и воссоединения атомов — устанавливается равновесие.

Ночью атмосфера не подвергается действию солнечного излучения, и количество ионов и свободных электронов уменьшается. Это уменьшение тем больше, чем плотнее атмосфера, так как в плотной атмосфере встречи ионов и электронов происходят чаще, чем в разреженной атмосфере. Поэтому нижний ионизированный слой (на высоте около 80 км) ночью исчезает совершенно, в то время как верхние слои ионосферы существуют и днем и ночью, хотя, конечно, количество ионов и свободных электронов в этих слоях ночью меньше, чем днем. Изменения, происходящие в ионосфере, изменяют условия радиоприема.

Дело в том, что слои атмосферы, насыщенные ионами и свободными электронами, приобретают способность проводить электрический ток, а проводники способны отражать электромагнитные волны. Поэтому радиоволны отражаются от ионосферы, подобно тому как видимый свет отражается от зеркала. Благодаря этому сила радиоприема на больших расстояниях оказывается намного большей, чем при отсутствии ионосферы. Вместе с тем свободные электроны ионосферы под действием радиоволн приходят в движение и при этом поглощают часть энергии радиоволн. Сталкиваясь при своем движении с атомами газа, электроны передают им эту энергию. Таким образом, часть энергии радиоволн безвозвратно теряется в ионосфере.

Наибольшее поглощение длинных и средних радиоволн происходит в нижней части ионо-

<sup>1</sup> По разным источникам. Использован материал из книги Жаботинского М. Е. и Радунской И. Л. «Радио наших дней», Издательство АН СССР.

<sup>2</sup> Длинными волнами (сокращенно пишут ДВ) называют волны длиннее 1 000 м, средними (СВ) — волны длиной от 1 000 до 100 м, короткими (КВ) — от 100 до 10 м и ультракороткими (УКВ) — волны короче 10 м. (Прим. ред.)

<sup>3</sup> Солнце испускает также инфракрасные (тепловые) лучи, длина которых больше длины волны видимого света, и еще более длинные электромагнитные волны, которые при известных условиях воспринимаются радиоприемниками, создавая помехи радиоприему. Однако эта часть излучения Солнца неспособна ионизировать атомы воздуха и не влияет на распространение радиоволн земных радиостанций.

сферы, на высотах, меньших 100 км. После захода Солнца, когда нижние слои ионосферы исчезают, поглощение радиоволн резко уменьшается, а вместе с этим увеличиваются дальность и громкость радиопередач на длинных и средних волнах.

Первые радиовещательные станции работали на волнах длиной 1—3 км. По мере увеличения количества радиостанций начали применять и более короткие волны.

Оказалось, что слышимость на волнах, которые теперь называются средними волнами, меняется в течение суток особенно сильно. В дневное время радиостанции, работающие на этих волнах, слышны только на сравнительно малых расстояниях.

Волны короче 200 м сильно поглощаются в земле, и поэтому в первые годы развития радио их считали вовсе непригодными для дальних радиопередач. Именно эти «бросовые» волны и были выделены для радиолюбительской связи.

Каково же было удивление радиоинженеров и физиков, когда начали поступать сообщения о том, что радиолюбители при помощи маломощных самодельных передатчиков, работавших на «бросовых» волнах, добились радиосвязи на тысячи и десятки тысяч километров.

Вначале специалисты отнеслись с недоверием к этим сообщениям. Однако проверка показала, что радиолюбители говорили правду. Вместе с тем правы были и радиоинженеры. Короткие волны действительно поглощаются в земле намного сильнее, чем длинные. Как же примирить это противоречие?

Оказывается, что короткие волны слабо поглощаются в ионосфере, могут многократно отражаться от ионосферы и их можно принимать на больших расстояниях. Однако сила приема сильно зависит от состояния ионосферы и, следовательно, существенно изменяется в течение суток.

Длинные волны распространяются преимущественно непосредственно над земной поверхностью в виде поверхностной волны, а короткие волны — главным образом в верхних слоях атмосферы в виде пространственной волны (рис. 1).

Часть волн, излучаемых коротковолновой передающей антенной, движется вдоль земной поверхности. Но поверхностная волна коротковолнового диапазона быстро ослабевает из-за поглощения землей и уже на расстоянии в несколько десятков километров практически полностью затухает. Пространственная волна, отразившись от ионосферы, возвращается на землю на расстоянии порядка сотен или тысяч километров. Область, до которой поверхностная волна уже не доходит, а пространственная волна еще

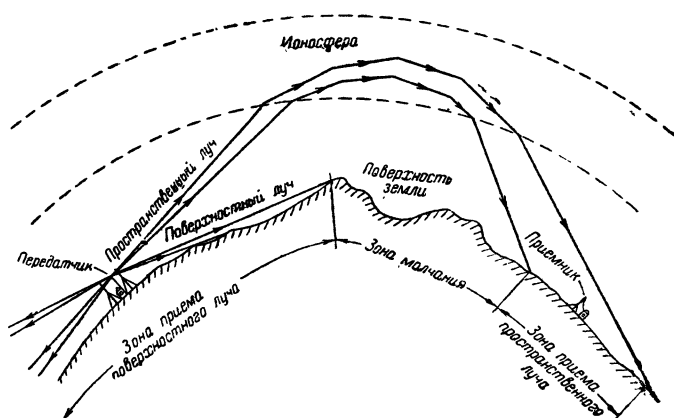


Рис. 1. Пути радиоволн.

не проникла, называется зоной молчания или мертвой зоной.

Размеры зон молчания ночью больше, чем днем, и зимой больше, чем летом. Это создает большое непостоянство в слышимости коротковолновых радиостанций. Например, хорошо слышимая днем радиостанция может быть совсем не слышна ночью, так как ночью мертвая зона станет больше и может захватить приемную станцию. Такое неприятное явление особенно заметно на волнах 10—30 м, для которых зоны молчания вообще больше.

На коротких волнах часто наблюдается более или менее резкое колебание и даже полное пропадание слышимости, называемое замиранием. Иногда оно проявляется так сильно, что прием становится невозможным. На волнах до 600—300 м, замирание также бывает, но гораздо реже и в меньшей степени. Неустойчивость слышимости и зависимость распространения от времени года и времени суток являются главными недостатками коротких волн.

Тем не менее короткие волны используются очень широко. Ценным их свойством является то, что на всем диапазоне до 10 м можно разместить без взаимных помех около 2 000 радиовещательных станций, а число радиотелеграфных станций, которые могут без взаимных помех работать в этом диапазоне, еще больше.

На коротких волнах иногда наблюдается явление радиоэхо, когда сигналы от передатчика приходят к приемнику двумя путями: по кратчайшему расстоянию (например, 2 000 км) и по второму пути вокруг земного шара (в нашем примере 38 000 км). Сигнал по второму пути приходит с некоторым опозданием (в данном случае примерно  $\frac{1}{7}$  сек). Прохождение коротких волн вокруг земного шара объясняется их многократным отражением от ионосферы и поверхности земли. Таким путем волна может даже 2 раза и больше обойти вокруг Земли.

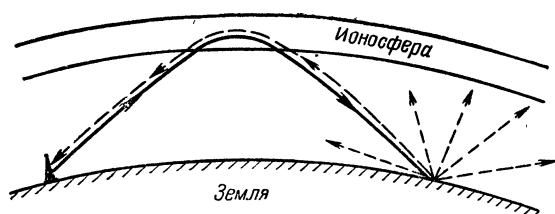


Рис. 2. Эффект Кабанова.

Советский ученый Н. И. Кабанов обнаружил, что радиоволны, попавшие после преломления в ионосфере на земную поверхность и испытав-

шие рассеянное отражение от нее, распространяются частично в обратном направлении и после вторичного преломления в ионосфере могут попасть в то место, откуда они были посланы (рис. 2). Это явление, получившее название «эффекта Кабанова», может быть использовано для радиолокации весьма удаленных частей земной поверхности. Конечно, энергия таких волн, пришедших обратно к источнику излучения, ничтожно мала и их обнаружение возможно только благодаря высокой чувствительности современных приемников. О распространении ультракоротких волн см. статью на стр. 300.

## РАДИОПРИЕМ <sup>1</sup>

«Говорит Москва!» — сказал диктор у микрофона.

Колебания его мембраны создали электрический ток низкой частоты. После усиления он с большой скоростью помчался по проводам на радиостанцию. Ток низкой частоты здесь воздействует с помощью модулятора на ток высокой частоты, как бы «отпечатывает» на нем свою форму. Затем усиленный радиолампами модулированный ток высокой частоты попадает в антенну. Ее переменное электромагнитное поле, распространяется в окружающем пространстве. Этот путь колебаний от микрофона до антенны описан в предыдущих статьях.

Проследим теперь дальнейший путь радиопередачи до громкоговорителя радиоприемника.

**У входа в радиоприемник.** Приемная антенна должна уловить энергию радиоволн.

Когда переменное электромагнитное поле встречается на своем пути металлический провод антенны, оно воздействует на заключенные в нем свободные электроны. Электроны приходят в колебательное движение, повторяя все изменения электромагнитного поля. В результате в приемной антенне возникает переменный ток.

Этот ток очень слаб. Но его изменения совпадают в такт с приходящими колебаниями и, значит, в точности совпадают с изменениями тока в антенне, излучающей радиоволны.

Приемная антенна соединена с радиоприемником, к которому и подводятся электрические колебания, созданные в антенне.

**Как «сортируются» радиоволны.** Включив радиоприемник, мы начинаем его настраивать, вращая одну из ручек.

Что же происходит при настройке приемника и почему она необходима?

В настоящее время имеется очень много передающих радиостанций. Они находятся в раз-

ных городах и ведут различные передачи. Одна из них передает доклад, другая — последние известия, третья — концерт и т. д.

Каждая станция излучает радиоволны, которые доходят до приемных антенн и возбуждают в них электрические колебания. Антенна в одно и то же время принимает все передачи. Если бы слушали их одновременно, то услышали бы такую смесь звуков, из которой ничего нельзя было бы понять. Чтобы этого не было, все радиостанции работают на разных волнах. Это значит, что каждая из них излучает электромагнитные колебания лишь определенной, только для нее установленной частоты. Следовательно, в приемной антенне любая радиостанция возбуждает колебания своей частоты, отличной от частот других станций. И вот, чтобы можно было слушать каждую передачу в отдельности, приемник отбирает из всех колебаний, возбуждаемых в антенне, только колебания одной радиостанции (рис. 1). Такая сортировка радиоволн происходит в колебательном контуре радиоприемника, куда попадают электрические колебания, принятые антенной. Здесь используются свойства *электрического резонанса*.

Явление резонанса нам приходится наблюдать очень часто. Струну любого музыкального инструмента можно заставить звучать не прикасаясь к ней, стоит только вблизи нее издать звук такой же высоты (тона), какой она сама может издавать. Например, положим на стол две одинаково настроенные гитары и заставим

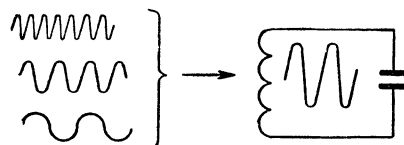


Рис. 1. Колебательный контур выделяет колебания с частотой, на которую он настроен.

<sup>1</sup> По разным источникам.

струну одной из них сильно звучать. Если прекратить тотчас же (прижав рукой) колебания этой струны, можно заметить, что одинаково настроенная струна другой гитары будет слабо звучать, хотя к ней и не прикасались.

Резонанс широко используется в музыке. Но строителям приходится вести с ним борьбу, так как механический резонанс может привести к разрушению сооружений.

Лет 60 назад в Петербурге рухнул висячий Египетский мост, когда по нему «в ногу» проходила войсковая часть. Возник резонанс, мост сильно раскачался ритмическими шагами, и произошел обвал.

Резонанс — это отклик. Раскачиваемое устройство как бы «откликается» на толчки той же частоты, с какой оно способно колебаться само, если нарушить его покой. При совпадении ритма толчков с частотой собственных колебаний устройства размах колебаний такого устройства резко возрастает. Если же частота толчков не совпадает с собственной частотой, колебания получаются слабыми.

Поэтому, для того чтобы при одновременной работе нескольких станций Вы могли принять по желанию только одну из них, Вам нужно настроить приемник в резонанс с колебаниями, которые происходят в антенне нужной вам радиостанции.

Оказывается, что в зависимости от того, какое число витков катушки включено в колебательный контур, изменяется частота, на которую он настроен; чем больше число витков, тем меньше собственная частота электрических колебаний контура.

Для того чтобы было удобно включать то или иное число витков, делают отводы. Передвигая ползунок или нажимая клавиши переключателя, Вы включаете в антенну большее или меньшее число витков катушки и, таким образом, настраиваете ее в резонанс с колебаниями той или иной станции.

Это будет все же очень грубая настройка, так как она изменяется не плавно, а скачками. Поэтому переключателем обычно настраиваются на определенный участок (диапазон) волн, а затем подстраиваются точно на нужную станцию с помощью конденсатора переменной емкости, который вместе с катушкой образует колебательный контур приемника. Изменяя емкость конденсатора, мы также изменяем собственную частоту электрических колебаний антенны и заставляем ее отзываться на приходящие радиоволны той станции, передачу которой хотим слушать.

В «двери» радиоприемника «стучатся» радиоволны многих радиостанций. Но благодаря резонансу «вход открывается» сигналам только

той радиостанции, на которую настроен приемник в данный момент.

Чтобы перейти на прием другой станции, необходимо изменить частоту собственных колебаний контура резонансного приемника путем изменения индуктивности или емкости.

Этот принцип настройки используется во всех современных радиоприемниках. Процесс настройки любого радиоприемника, который внешне сводится к вращению рукоятки и наблюдению за перемещением стрелки на шкале, есть не что иное, как настройка колебательного контура в резонанс с частотой электромагнитных волн, создаваемых радиостанцией, которую мы хотим услышать.

Амплитуды принимаемых сигналов обычно очень малы и их приходится усиливать. Для этого в приемниках применяют усилители с радиолампами или транзисторами, которые увеличивают амплитуду принимаемых колебаний, не меняя их частоты. Такой усилительный каскад радиоприемника называется *усилителем высокой частоты*.

**От детектора к громкоговорителю.** Теперь нужно преобразовать модулированные колебания высокой частоты в колебания низкой частоты.

Поскольку несущие высокочастотные колебания выполнили свою роль и донесли колебания звуковой частоты до приемника, они нам более не нужны. Ведь высокочастотный модулированный ток не может непосредственно привести в действие электромагнитный телефон. Нам нужны лишь низкочастотные колебания.

Преобразование модулированных колебаний высокой частоты — процесс, обратный модуляции. Он называется *демодуляцией* или *детектированием*.

Детектор — прибор, выделяющий колебания низкой частоты. Детекторы бывают полупроводниковые (кристаллические) и ламповые.

Чтобы была ясна роль детектора, рассмотрим принцип действия электромагнитного телефона.

У электромагнитного телефона в корпусе *К* из металла или пластмассы (рис. 2, а) находится постоянный магнит *М* с полюсными наконечниками из мягкой стали, на которые насажены катушки *ЭК* с большим числом витков тонкого изолированного провода. Сопrotивление их бывает до нескольких тысяч ом. На корпусе *К* лежит тонкая жестяная мембрана *ЖМ*. Между мембраной и полюсными наконечниками имеется небольшой воздушный зазор. Мембрана прижимается по краям крышкой *А* (амбушюр), имеющей в центре отверстие.

Электрические процессы в телефоне иллюстрируют рис. 2 б и в. Если в катушках телефона тока нет, то под влиянием постоянного магнита



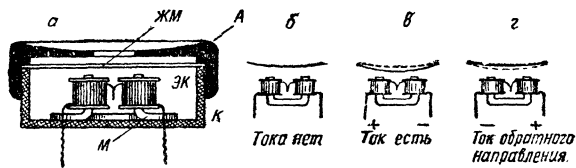


Рис. 2. Устройство телефона.

мембрана притягивается к полюсам и несколько прогибается (рис. 2, б). Когда в катушках проходит переменный ток, то сила постоянного магнита меняется. Положительная полуволна тока усиливает магнит, так как создает магнитное поле, складывающееся с полем магнита, и мембрана прогибается сильнее. Отрицательная полуволна тока создает магнитное поле, противоположное по направлению полю магнита; это ослабляет магнит, и мембрана отходит (рис. 2, г). В результате мембрана колеблется в обе стороны от первоначального положения с частотой переменного тока и повторяет колебания микрофонной мембраны. Возникает звуковая волна, и ухо, к которому приложен телефон, услышит звук. При отсутствии в телефоне постоянного магнита колебания мембраны были бы слабее и каждая полуволна переменного тока давала бы притяжение мембраны к магниту. Она отклонялась бы от положения равновесия только в одну сторону, и частота звука стала бы удвоенной.

Для радиоаппаратуры чаще всего используются высокоомные электромагнитные телефоны, у которых катушки намотаны проводом диаметром 0,05 мм. У таких телефонов сопротивление постоянному току обычно равно 4 000 ом, а сопротивление переменному току при средней звуковой частоте 1 000 гц имеет индуктивный характер и составляет около 20 000 ом. Применяются также телефоны, имеющие при той же частоте 1 000 гц сопротивление порядка 600 ом.

Телефон превращает электрические колебания в звуки. А для того чтобы телефон воспроизводил передаваемые по радио звуки, нужно, чтобы токи в цепи телефона как раз соответствовали тем низкочастотным колебаниям, которыми промодулированы колебания высокой частоты в передатчике.

Следовательно, модулированные высокочастотные колебания должны быть преобразованы в колебания низкой частоты, подобные созданным микрофоном. Эту задачу выполняет детектор.

Упрощенно действие детектора можно объяснить так. Детектор — это выпрямитель, т. е. прибор, который пропускает ток только в одном направлении. Поэтому модулированные высокочастотные токи детектор преобразует в токи, текущие в одном направлении.

Мембрана телефона вследствие своей инерции не успевает следовать за отдельными высокочастотными импульсами (толчками) тока и отзывается на среднюю величину силы, создаваемой этими импульсами. Если импульсы сильнее, то мембрана притягивается сильнее; когда импульсы слабее, и мембрана притягивается слабее.

Но импульсы после детектора тем больше, чем больше амплитуда модулированных колебаний, подводимых к детектору. Поэтому мембрана совершает колебания, повторяющие изменения амплитуды модулированных колебаний (рис. 3).

А это значит, что мембрана телефона воспроизводит колебания, которые действовали на микрофон передающей станции.

Полученные от детектора колебания низкой частоты можно усилить и вместо телефонных трубок применить громкоговоритель.

Как видно из сравнения кривых 1 и 5 на рис. 3, ток в цепи телефона изменяется подобно току в цепи микрофона.

Любопытно отметить следующее. Если вы находитесь, например, в 1 000 км от радиостанции, то произнесенный в студии звук пройдет весь путь от микрофона до Вашего уха в 5 раз быстрее, чем он успеет достигнуть по воздуху стены той же студии, находящейся в 5 м от диктора.

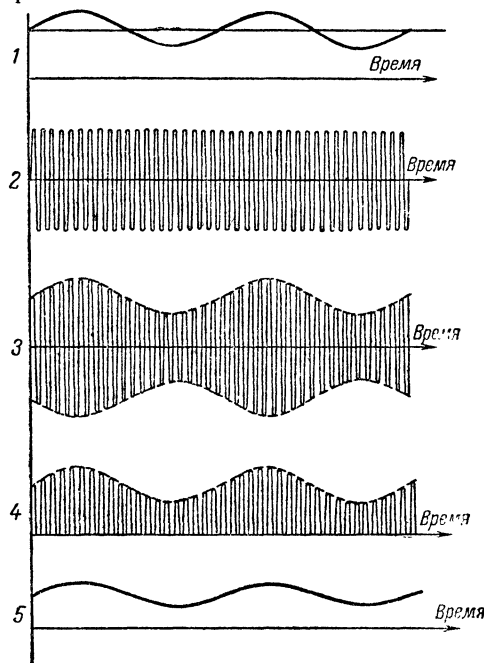


Рис. 3. Как преобразуются колебания в процессе радиопередачи.

1 — ток в цепи микрофона — колебания низкой частоты, управляющие амплитудой колебаний высокой частоты; 2 — немодулированные колебания высокой частоты; 3 — модулированные по амплитуде колебания высокой частоты; 4 — протектированные модулированные колебания; 5 — ток, идущий через телефон радиоприемника.

## ОСОБЕННОСТИ ВОСПРИЯТИЯ ЗВУКА ЧЕЛОВЕКОМ <sup>1</sup>

Всякий звук характеризуется одновременным наличием колебаний различных частот. Даже самый простой звук, который кажется нам состоящим из одного тона, в действительности образуется колебанием основной частоты (наиболее низкой) и частот, кратных основной (более высоких). Последние называют *гармониками* основной частоты. Наличие гармоник позволяет различать голоса отдельных людей и характеризует тембр, или «окраску», звука.

Человеческое ухо обладает способностью слышать звуки в очень большом диапазоне изменений звукового давления и разделяет их по частоте, громкости и другим их характерным особенностям.

Одной из существенных особенностей человеческого уха является то, что громкость восприятия звука изменяется не пропорционально

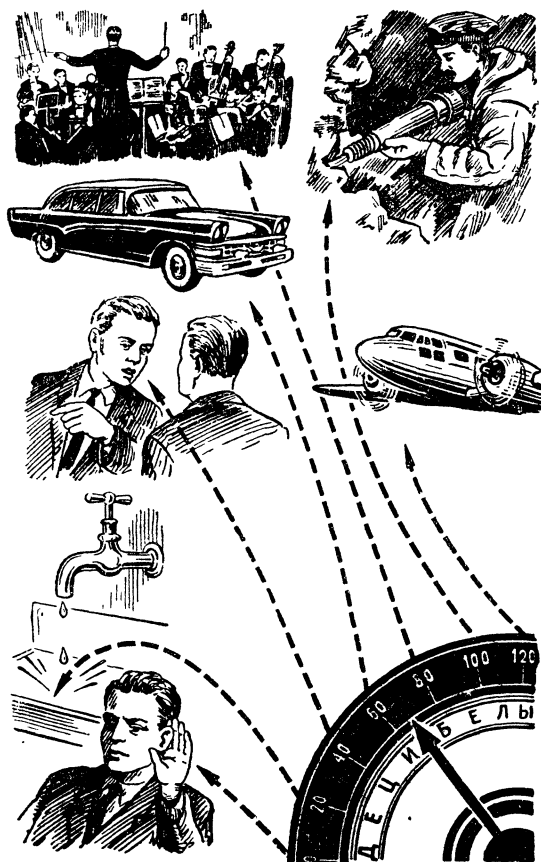


Рис. 1. Уровни громкости звука в децибелах.

<sup>1</sup> Рогинский В. Ю. и Фейгельс В. З., От микрофона до громкоговорителя, Госэнергоиздат, 1955 (Массовая радиобиблиотека), (новая редакция).

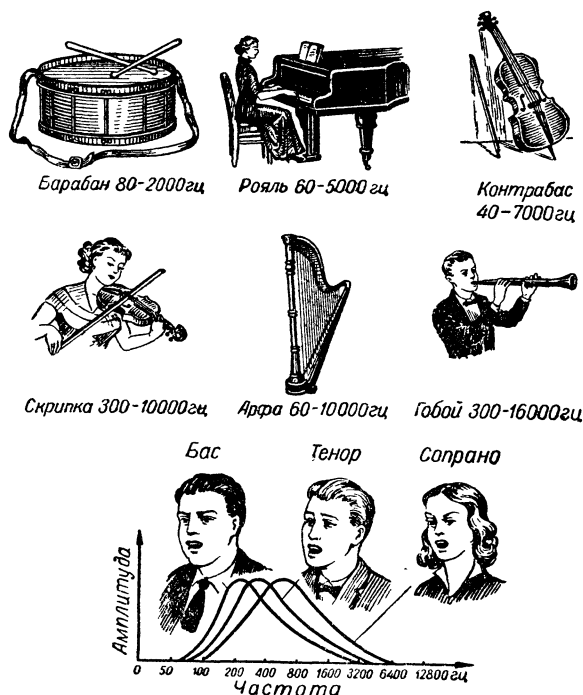


Рис. 2. Частоты колебаний, создаваемых музыкальными инструментами и человеческими голосами. В нижней части рисунка показаны так называемые частотные характеристики различных голосов.

звуковому давлению, а его логарифму <sup>1</sup>. Самые слабые звуки, которые еще в состоянии воспринимать ухо, называют *порогом слышимости*. Если громкость звука еще уменьшить, то ухо перестанет его ощущать. Верхним пределом громкости является предел по достижении которого ухо ощущает боль.

Пределы слышимости изменяются в зависимости от частоты звука. Порог слышимости на частоте 1000 гц соответствует звуковому давлению 0,00002 н/м<sup>2</sup>. На частоте 100 гц порог слышимости соответствует звуковому давлению приблизительно 0,002 н/м<sup>2</sup>. Следовательно, чувствительность уха на частоте 100 гц в 100 раз ниже, чем на частоте 1000 гц.

<sup>1</sup> Звуковое давление это отношение силы, с которой звуковая волна действует на поверхность, перпендикулярную направлению прихода волны, к площади этой поверхности. В международной системе единиц СИ давление измеряется в ньютонах на квадратный метр (н/м<sup>2</sup>).

Ньютон (н) это единица силы в системе единиц СИ. При действии силы в 1 н на тело с массой в 1 кг ему сообщается ускорение 1 м/сек<sup>2</sup>.

Ранее звуковое давление измеряли в динах на квадратный сантиметр (дин/см<sup>2</sup>). 1 дин/см<sup>2</sup>=0,1 н/м<sup>2</sup>. (Прим. ред.)

На частоте 1 000 *гц* порог болевого ощущения составляет 100 *н/м²*, что соответствует увеличению давления по сравнению с порогом слышимости в 5 млн. раз. Технически удобно выражать громкость звука в децибелах (*дб*). Примеры различных уровней громкости в децибелах приведены на рис. 1.

Основные частоты музыкальных инструментов и человеческих голосов не выходят за пределы 40—8 000 *гц*. Однако для неискаженной

передачи всех оттенков речи и особенностей звучания некоторых музыкальных инструментов и типичных голосов надо передавать и колебания с частотами до 16 000 *гц*. Частоты колебаний музыкальных инструментов и некоторых голосов приведены на рис. 2.

Если при передаче по радио или телефону не обеспечивается воспроизведение всей полосы частот, свойственных данному инструменту или голосу, то возникают частотные искажения.

## ИСКАЖЕНИЯ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ЗВУКА <sup>1</sup>

При передаче и воспроизведении звуков возможны два вида основных искажений: частотные и нелинейные.

*Частотные искажения* заключаются в том, что при преобразовании звуковых колебаний в электрические, усилении последних и преобразовании их затем в звуковые происходит неодинаковое усиление колебаний разных частот. Некоторые из колебаний воспроизводятся лучше, другие — хуже. Если, например, в процессе преобразований колебания с частотами порядка тысяч герц воспроизводятся хуже, чем низкочастотные, то голос женщины можно принять за мужской. Характерные для женского голоса колебания будут воспроизводиться плохо.

При больших частотных искажениях трудно различить некоторые звуки и слова, сходные по звучанию.

*Нелинейные искажения* заключаются в том, что в процессе преобразования звука к нему

добавляются колебания, ранее в нем не содержащиеся. В результате при воспроизведении звука с резко выраженными нелинейными искажениями слышится «дребезжание».

Если, например, усиливаются колебания какой-либо определенной частоты, то при отсутствии нелинейных искажений мы получим колебания той же частоты, но с большей амплитудой.

При наличии же искажений к колебаниям этой частоты прибавятся или усилятся колебания кратных частот (удвоенной, утроенной и т. д.), т. е. второй, третьей и т. д. гармоник. Величина нелинейных искажений определяется коэффициентом гармоник, характеризующим их мощность относительно мощности колебания основной частоты в процентах <sup>1</sup>. Считается допустимым, если коэффициент гармоник менее 5%. При коэффициенте гармоник больше 17% звучание становится неприятным.

<sup>1</sup> Рогинский В. Ю. и Фейгельс В. З., От микрофона до громкоговорителя, Госэнергоиздат, 1955 (Массовая радиобиблиотека).

<sup>1</sup> Этот коэффициент иногда называют также коэффициентом нелинейных искажений. (Прим. ред.)

## ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ МИКРОФОНЫ <sup>1</sup>

При радиопередачах и звукозаписи применяют в настоящее время преимущественно электродинамические микрофоны. Они вносят незначительные искажения и не требуют для своей работы источников питания.

Электродинамический микрофон (рис. 1) состоит из постоянного магнита 1, имеющего форму кольца (полюсы его обозначены буквами *С* и *Ю*), намагничивающего жестко скрепленные с ним фланец 2 и kern 3 из мягкой стали, между которыми имеется узкий кольцевой промежуток — зазор 4. В зазоре образуется сильное магнитное поле. Звуковые волны воздействуют на мембрану 5, изготовленную из тонкого листового алюминия, к которой приклеена цилиндрическая катушка 6 из изолированного провода. Эта катушка расположена в зазоре между фланцем и сердечником, но не соприкасается с ними.

какая катушка 6 из изолированного провода. Эта катушка расположена в зазоре между фланцем и сердечником, но не соприкасается с ними.

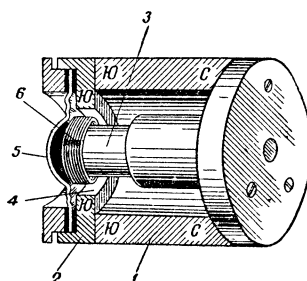


Рис. 1. Устройство электродинамического микрофона в разрезе.

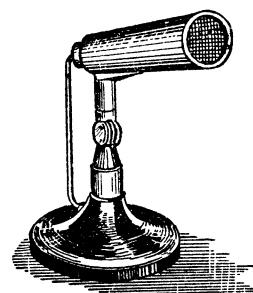


Рис. 2. Электродинамический микрофон. Общий вид.

<sup>1</sup> Справочник начинающего радиолюбителя, первое издание, Госэнергоиздат (Массовая радиобиблиотека), 1964. Раздел 7.

Когда на мембрану воздействует область повышенного давления воздушной звуковой волны, мембрана несколько прогибается, катушка перемещается в глубь зазора и в ее обмотке индуцируется ток одного направления. Когда же мембрана испытывает воздействие области пониженного давления звуковой волны, она вместе с катушкой движется в обратном направлении и в катушке возникает ток другого направления.

Таким образом, при колебаниях мембраны под действием звуковых волн в катушке возникает переменный ток низкой (звуковой) частоты. Этот ток подается на вход усилителя.

Чем громче звук, действующий на мембрану микрофона, тем сильнее она колеблется и тем больше напряжение развивает микрофон.

Общий вид одного из микрофонов показан на рис. 2.

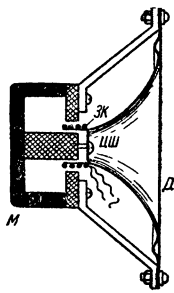
## ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ <sup>1</sup>

В настоящее время в радиоприемниках, телевизорах, магнитофонах применяют исключительно электродинамические громкоговорители.

Громкоговоритель с постоянным магнитом устроен так. Магнит *М* в форме кольца или керна из специального сплава создает сильное магнитное поле в зазоре (узком кольцевом промежутке) между керном и фланцем (см. рисунок). Последний изготовлен из мягкой стали. В громкоговорителе с кольцевым магнитом kern сделан из такого же материала, а в громкоговорителе, в котором магнитом является kern, из мягкой стали изготовлено кольцо. В некоторых громкоговорителях с kernовым магнитом вместо кольца применена скоба из мягкой стали.

В зазоре находится катушка из изолированного провода — звуковая катушка *ЗК*. Каркас ее приклеен к вершине бумажного конуса — диффузора *Д*. Катушка не соприкасается ни с сердечником, ни с фланцем (это обеспечивается центрирующей шайбой *ЦШ*) и потому может свободно перемещаться в зазоре. Через звуковую катушку проходит переменный ток звуковой (низкой) частоты и вокруг ее витков образуется переменное магнитное поле.

При одном направлении тока в катушке в результате взаимодействия между магнитными полями катушки и магнита возникает электродинамическая сила, стремящаяся вытолкнуть катушку из зазора. Когда же ток в катушке и соответственно создаваемое им магнитное поле изменяют направление, то изменяется на обратное и направление силы, стремящейся теперь втянуть катушку глубже в зазор. Поэтому при прохождении переменного тока через звуковую катушку она в такт с изменениями направления тока перемещается вдоль зазора то в одну, то в другую сторону и тем самым



приводит в колебательное движение диффузор, который при этом создает звуковые волны. Чем больше амплитуда тока через звуковую катушку, тем больше размах ее колебаний и колебаний диффузора и громче создаваемый громкоговорителем звук.

В громкоговорителе с подмагничиванием как кольцо так и kern изготовлены из мягкой стали, а на kern надета катушка, состоящая из большого числа витков изолированного провода, — катушка подмагничивания. При пропускании через нее постоянного тока kern, фланец и кольцо намагничиваются и в зазоре образуется сильное магнитное поле. Работает такой громкоговоритель так же, как и громкоговоритель с постоянным магнитом. Мощность электрического тока, расходуемая на подмагничивание громкоговорителя для радиоприемника, обычно составляет 5—6 вт.

Большинство электродинамических громкоговорителей имеет звуковые катушки с сопротивлением всего несколько ом. Чтобы такой громкоговоритель нормально работал, через его звуковую катушку необходимо пропускать переменный ток значительной силы при напряжении, не превышающем обычно нескольких вольт. Но в анодной цепи электронной лампы или в цепи коллектора транзистора переменная составляющая напряжения значительно больше, а переменная составляющая тока меньше. Поэтому звуковую катушку громкоговорителя обычно присоединяют к этим цепям через понижающий трансформатор, преобразующий напряжения в более низкие при соответственно больших токах. Трансформатор имеет сердечник из пластин специальной электротехнической стали. Первичная его обмотка имеет большое число витков сравнительно тонкого провода, а вторичная, к которой присоединяется звуковая катушка громкоговорителя, — значительно меньшее число витков провода большего диаметра.

**Номинальная мощность громкоговорителя** — это такая подводимая к нему мощность переменного тока низкой частоты, при которой вносимые

<sup>1</sup> По разным источникам.

громкоговорителем нелинейные искажения не превышают заданной величины — обычно около 10% на частотах до 200 гц и 5—7% на частотах 200—2 000 гц.

Если подвести к громкоговорителю мощность больше номинальной, то он перегружается и нелинейные искажения становятся ощутимыми на слух.

Номинальная мощность громкоговорителя является наибольшей мощностью, которая может быть к нему подведена; величину ее в вольтамперах указывают в паспорте громкоговорителя и она входит в название типа громкоговорителя как первая цифра.

Так, например, номинальная мощность громкоговорителя 1ГД-9 равна 1 *ва*, а для громкоговорителя 3ГД-2 она составляет 3 *ва*.

Номинальная мощность используемого громкоговорителя должна быть равна, а еще лучше превышать номинальную выходную мощность оконечного каскада радиоприемника или усилителя.

**Полное сопротивление громкоговорителя** — это сопротивление его звуковой катушки, измеренное на переменном токе. На нижних частотах его величина почти приближается к сопротивлению провода звуковой катушки при постоянном токе. С увеличением частоты скаывается индуктивное сопротивление звуковой катушки, вызывающее повышение полного сопротивления громкоговорителя.

В паспортах громкоговорителей и справочниках обычно указывают полное сопротивление звуковой катушки на частоте 1 000 гц.

**Частотная характеристика громкоговорителя** выражает графически зависимость создаваемого громкоговорителем звукового давления от частоты при неизменной мощности, подводимой к громкоговорителю. Обычно по оси ординат частотной характеристики откладывают уровень звукового давления, которое получается на расстоянии 1 м от громкоговорителя (по оси диффузора) при подаче на громкоговоритель мощности переменного тока на всех частотах равной 0,1 его номинальной мощности. Такие характеристики дают представление о полосе воспроизводимых громкоговорителем частот и частотных искажениях в рабочей полосе.

В приемниках желательно было бы применять громкоговорители, которые все звуковые частоты воспроизводят одинаково хорошо. Частотные характеристики таких громкоговорителей изобразились бы горизонтальными прямыми. Однако у реальных громкоговорителей частотные характеристики непрямолинейны, т. е. одни частоты они воспроизводят лучше, другие хуже. Чем ровнее частотная характеристика громкоговорителя, тем он лучше.

Чтобы повысить качество звуковоспроизведения, а также в случаях, когда номинальная выходная мощность оконечного каскада усилителя низкой частоты превышает номинальную мощность громкоговорителя, применяют вместо одного два громкоговорителя или большее их число.

При этом нужно иметь в виду следующее. Звуковая катушка громкоговорителя вместе с диффузором и системой его подвески представляет собой электромеханическую систему, имеющую собственную резонансную частоту (40—300 гц). На этой частоте громкоговоритель резко увеличивает отдачу звуковой энергии, вследствие чего верность воспроизведения ухудшается.

При параллельном соединении громкоговорителей звуковая катушка каждого из них оказывается зашунтированной весьма малым сопротивлением звуковых катушек всех других громкоговорителей. При последовательном соединении такого шунтирования нет.

Поскольку резонансные свойства проявляются слабее при шунтировании, то предпочтение нужно отдать параллельному соединению. Его достоинством является и то, что в случае выхода из строя одного из громкоговорителей звуковоспроизведение сохраняется.

При любом способе соединения (параллельном, последовательном) двух или нескольких громкоговорителей суммарная частотная характеристика группы громкоговорителей становится более равномерной и качество звуковоспроизведения улучшается. Это объясняется тем, что частотные характеристики отдельных экземпляров громкоговорителей одного типа неодинаковы: провалы и пики на характеристиках обычно бывают на разных частотах и взаимно компенсируются.

## СТЕРЕОЗВУК <sup>1</sup>

### «ЗАЧЕМ ЧЕЛОВЕКУ ДВА УХА?»

Этот на первый взгляд смешной вопрос задал мне сосед по квартире — восьмилетний Валерка, один из «почемучек», которым всегда хочется все

узнать. Я предложил Валерке проделать простейший опыт — плотно закрыть одно ухо рукой.

Действительно, попробуйте сами проделать то же самое. Вы сразу же потеряете ощущение пространства и уже не сможете определить, где находится источник звука, насколько он удален от Вас, куда перемещается.

<sup>1</sup> По статье Сворень Р., «Знание — сила», 1960, № 5, с сокращениями.



Объясняется это тем, что наши уши расположенные на расстоянии 15—20 см одно от другого, образуют своеобразный дальномер, который подобно дальномеру фотоаппарата или радиопеленгатору позволяет определить направление на источник звука и ориентировочно судить о расстоянии до него.

Информация об услышанном звуке по нервам немедленно поступает в мозг, в эту изумительную машину, где не только с колоссальной точностью и скоростью анализируется сила, основная частота и характер изменения звука, но и непрерывно сравниваются звуки, пришедшие с разных сторон. И хотя относительное ослабление звука для левого или правого уха может составлять лишь тысячные доли процента, а запаздывание не превышает 0,0001 сек, все же эти ничтожные различия позволяют достаточно точно почувствовать место расположения звука.

Итак, наличие двух «приемников» звука, находящихся на некотором расстоянии один от другого, создает у человека пространственное слуховое восприятие, получившее название бинаурального эффекта (в переводе «эффект двух ушей»). Поэтому-то звук становится «плоским» и Вы перестаете ощущать пространство, когда закрываете одно ухо. Особенно сильно это чувствуется на шумной улице, где источники звука — автомобили, трамваи, разговаривающие люди — непрерывно перемещаются в разных направлениях (рис. 1).

Когда Вы находитесь в зале театра и слушаете большой музыкальный ансамбль, например оперу в сопровождении оркестра, бинауральный эффект помогает Вам четко различать голоса отдельных певцов, замечать, как они двигаются по сцене, хорошо чувствовать многозвучность большого оркестра.

Но не пытайтесь искать все эти качества, когда слушаете концерт, транслируемый по радио, если даже у Вас приемник высшего класса. Почему? Да потому, что звуки, возникающие в разных частях сцены, передаются вместе по одному каналу связи — по одной паре проводов, через одни и те же усилители и радиостанцию — и воспроизводятся также с помощью общего усилителя и агрегата громкоговорителей.

На сцене может стоять несколько микрофонов, но провода от них сходятся в одну точку и в месте приема уже невозможно определить, с какой стороны идут звуки.

#### ОБМАН, ОЧЕНЬ ПОХОЖИЙ НА ПРАВДУ

Можно ли каким-нибудь путем осуществить стереофоническое воспроизведение звука? Конечно, можно. Для этого на сцене достаточно установить несколько микрофонов, в помещении, куда транслируется передача, разместить в таком же порядке громкоговорители, каждый из которых соединяется с соответствующим микрофоном. При такой системе громкоговорители

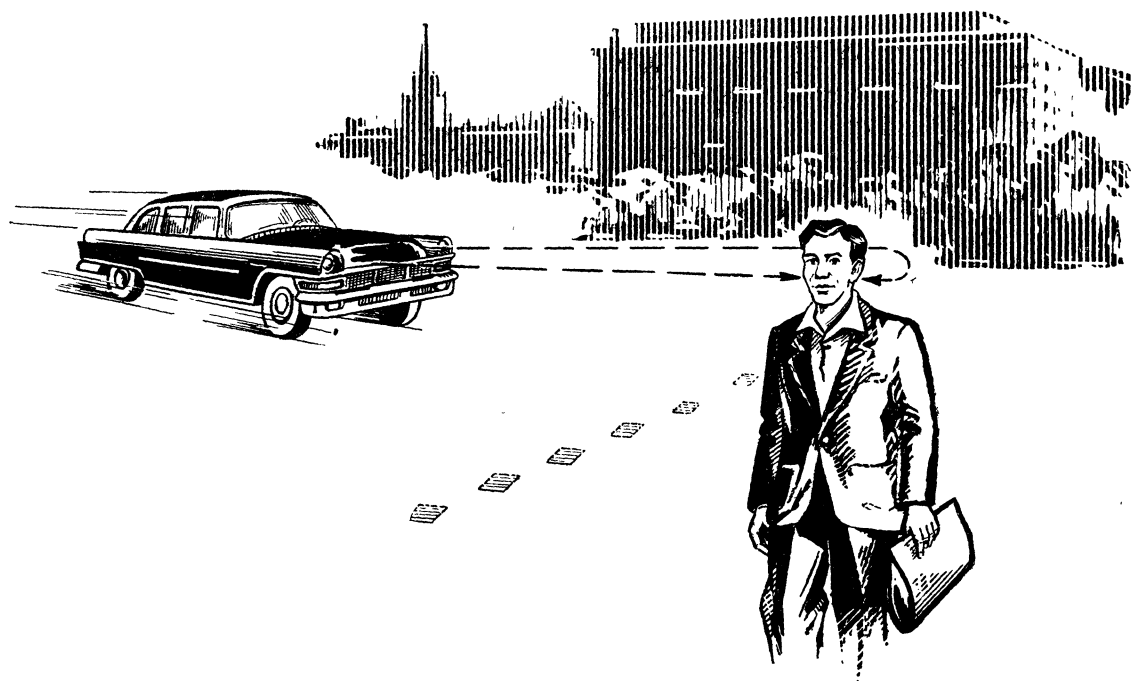


Рис. 1.

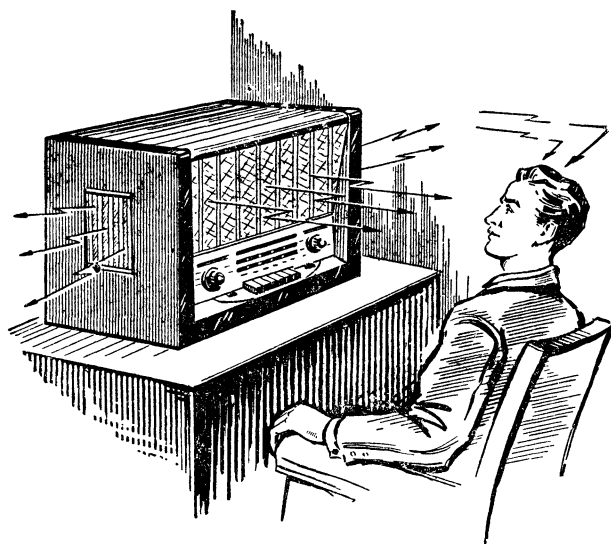


Рис. 2.

почти в точности воспроизведут звуковую картину, существующую на сцене.

Многоканальная стереофония нашла применение, например, в панорамном кино, где используется девять звуковых каналов. Звук записывается с помощью девяти групп микрофонов на пленку. При демонстрации фильма эта фонограмма воспроизводится специальным девятиканальным магнитофоном и девятью группами громкоговорителей, расположенных в разных местах зрительного зала. Более проста четырехканальная система, применяемая в широкоэкранном кино, но и она дает изумительный стереофонический эффект.

Однако ни та, ни другая система практически непригодна для вещания по проводам, для радиовещания и звукозаписи на пластинку. Действительно, даже при использовании четырехканальной системы трансляция стереофонических передач требует четырех пар проводов или четырех радиостанций, причем для приема таких передач необходимы четыре радиоприемника. Любителю звукозаписи пришлось бы проигрывать четыре пластинки сразу, и вращаться они должны с абсолютно одинаковой скоростью. Опаздание на 0,0001 сек уже недопустимо.

Такие усложнения практически совершенно неприемлемы.

Начались попытки искусственно создать в массовой радиоаппаратуре — приемниках, радиол, телевизорах — хоть какое-нибудь подобие стереозвука. Появились акустические системы объемного звучания, в настоящее время применяемые в большинстве отечественных приемников и радиол. В этих приемниках громкоговорители расположены не только на передней стенке ящи-

ка, но и на двух боковых, поэтому создается впечатление, что звук исходит не из одной точки (рис. 2).

В усилителе низкой частоты верхние и нижние звуковые частоты разделяют и подают на разные громкоговорители. В результате различного отражения звуков различных частот от стен комнаты Вам кажется, что с одной стороны к Вам идут низкие звуки, которые в основном соответствуют басам и таким инструментам, как барабан, контрабас, виолончель, а из другой до Вас доносятся высокие и чистые звуки флейт и скрипок, женские голоса. Такое искусственное «размещение» исполнителей в пространстве, хотя и создает какое-то подобие стереофонии, но, конечно, не имеет ничего общего с тем, что Вы слышали бы, находясь в зрительном зале.

Нельзя ли упростить стереофонические системы, сделать их доступными для внедрения в массовую радиоаппаратуру? Оказывается можно.

Как показали многочисленные исследования советских и зарубежных специалистов, стереофоническую передачу можно осуществить, используя два канала. Это подтверждалось экспериментами, проведенными еще в 1935 г. профессором И. Г. Гороном в Москве в Государственной лаборатории звукозаписи.

При двухканальной передаче воспроизводимый звук мало отличается от реальной звуковой картины.

## НА ОДНОЙ ПЛАСТИНКЕ

Двухканальный стереофонический магнитофон представить себе нетрудно. Он подобен обычному магнитофону, но у него два комплекта магнитных головок<sup>1</sup>. Один из них будет записывать, например, звук правого стереоканала на верхней дорожке (на верхней половине ленты), а второй — звук левого стереоканала на нижней дорожке. В дальнейшем звук, воспроизведенный с каждой из магнитных дорожек, поступит на отдельный громкоговоритель, благодаря чему и создается стереоэффект (рис. 3).

Сложнее решается задача стереофонической грамзаписи. О том, чтобы использовать для этой цели два проигрывателя и две пластинки, не может быть и речи хотя бы потому, что практически невозможно синхронизировать работу этих проигрывателей с точностью до тысячных долей секунды. Задача решается путем одновременной записи обоих стереоканалов на одной пластинке и даже, более того, в одной звуковой канавке.

Под действием записываемого звука на обычной пластинке появляется волнистая канавка. Она является своеобразным портретом записыва-

<sup>1</sup> Об устройстве магнитных головок см. стр. 203.

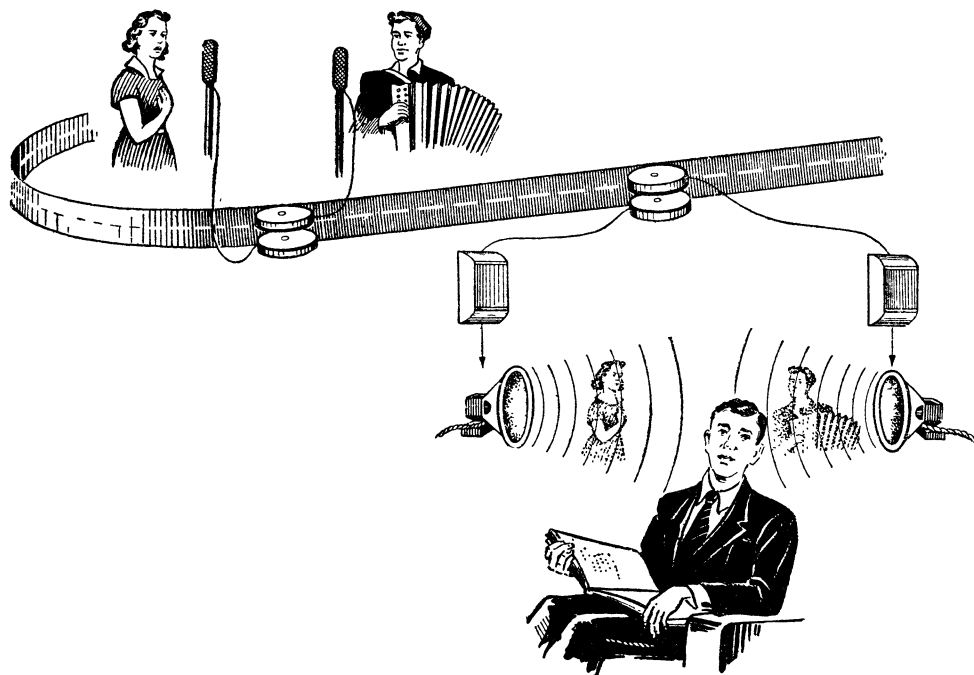


Рис. 3.

ваемого звука, так как характер ее изгиба полностью зависит от силы и частоты звука. Когда игла звукоснимателя движется по пластинке, она колеблется в соответствии с извилинами канавки и на стенках пьезокристалла, связанного с иглой, появляется переменное напряжение — электрическая копия записанного звука.

Принятый в СССР способ получения стереофонической пластинки, обозначаемый условно 45/45, состоит в том, что стенки звуковой канавки делают наклонными под углом  $45^\circ$  к плоскости пластинки, т. е. под углом  $90^\circ$  одна относительно другой. С помощью специального записывающего прибора — рекордера — на каждой из стенок канавки осуществляют запись одного из стереоканалов. Очевидно, что при этом форма одной из стенок канавки может оказаться совсем не похожей на форму другой — все зависит от характера звуков в правом и левом стереоканалах.

Воспроизведение стереофонических записей осуществляется с помощью специального звукоснимателя, в котором вместо одного пьезокристалла имеются два, расположенные под углом  $90^\circ$  один относительно другого (рис. 4)<sup>1</sup>.

Благодаря такому расположению электрический сигнал на одном из кристаллов появляется лишь под действием изгибов левой стенки звуковой канавки, а на другом кристалле — под действием изгибов правой стенки. Так осуществляется разделение каналов стереозаписи.

Время звучания стереофонической пластинки примерно такое же, как и у обычной долгоиграющей.

#### ЧЕРЕЗ ОДНУ РАДИОСТАНЦИЮ

Подобно тому как стереофоническую грамзапись можно выполнить на одной пластинке, двухканальную стереофоническую радиопередачу можно осуществить через одну радиостанцию.

Используя один из распространенных видов модуляции — амплитудную, можно заставить высокочастотный ток отдельно «запечатлеть» каждый из двух стереоканалов, но так, чтобы в приемнике было легко их разделить. Для этого положительные полупериоды вы-

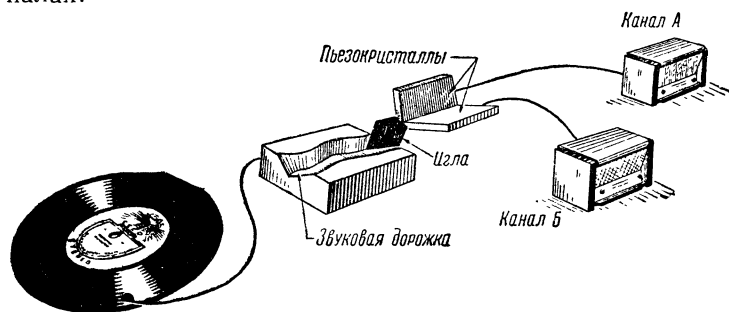


Рис. 4.

<sup>1</sup> Устройство звукоснимателя описано в статье на стр. 182.

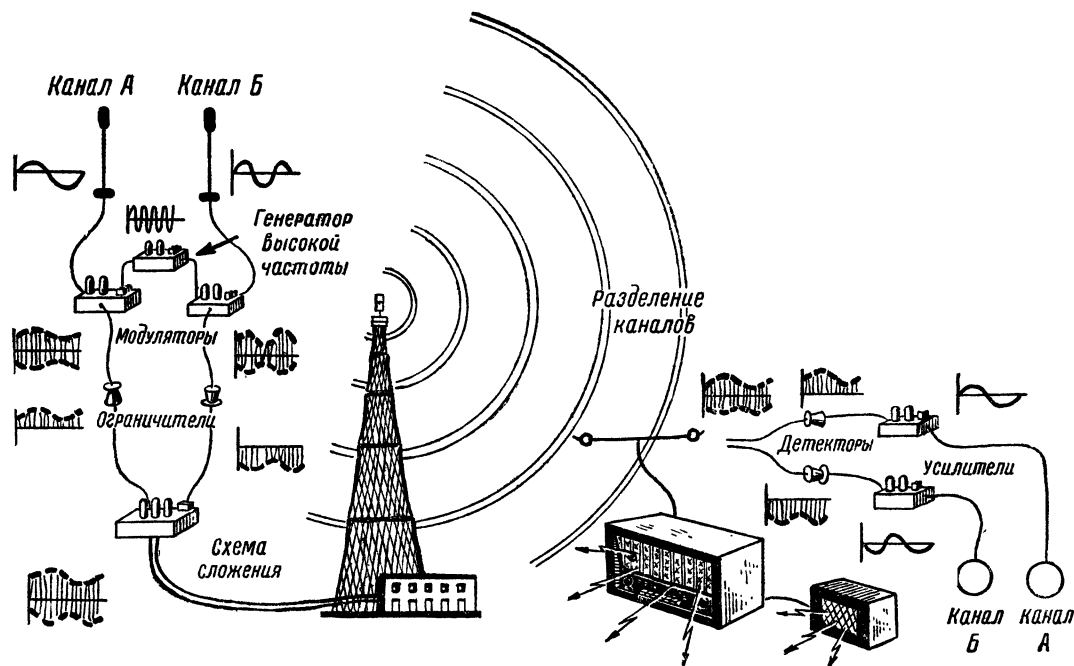


Рис. 5.

сокочастотного тока модулируют одним каналом, а отрицательные — вторым.

Но осуществить такую двухполярную модуляцию не так-то просто. Дело в том, что при амплитудной модуляции одинаково изменяются как положительные, так и отрицательные полупериоды высокочастотного тока и график модулированного сигнала практически симметричен относительно оси времени. Однако можно, взяв два высокочастотных тока с одинаковой частотой, промодулировать каждый из них отдельно сигналом одного из каналов. Далее с помощью полупроводниковых диодов, пропускающих ток только в одну сторону, надо у первого сигнала «срезать» отрицательные полупериоды, а у второго положительные и, наконец, сложить оба модулированных сигнала в общей электрической цепи. В результате всех этих операций мы получим нужный нам «гибрид» — высокочастотный ток, раздельно модулированный каждым из стереоканалов (рис. 5)<sup>1</sup>.

В приемнике эти каналы легко разделить с помощью таких же полупроводниковых диодов<sup>2</sup>. Один из них пропустит лишь положительные полупериоды, а второй — отрицательные, и,

таким образом, стереоканалы вновь будут разделены.

У такого приемника, так же как у стереомагнитофона или проигрывателя, должно быть два усилителя низкой частоты с громкоговорителями. Один такой усилитель есть в самом приемнике, а второй может быть выполнен в виде небольшой и сравнительно простой приставки.

Мы стоим на пороге массового внедрения стереофонии в звукозапись и радиовещание.

Установка, позволяющая вести стереопередачи через обычный УКВ передатчик, содержит всего 12 ламп, а приставка к приемнику для приема этих передач стоит не так дорого.

Стереофоническое вещание можно принимать на обычный приемник без приставки (конечно, не получая при этом стереоэффекта). В свою очередь стереоприемник легко принимает обычные передачи. Точно так же на стереопроигрывателе можно воспроизводить обычные грамзаписи. Совместимость — огромное достоинство, так как она позволяет переходить на стереофонию, постепенно модернизируя существующий парк приемников и радиол.

Для того чтобы сделать стереофонию действительной массовой, придется модернизировать огромное количество уже действующих приемников и телевизоров, а также наладить широкий выпуск стереофонических приставок. Кроме того, необходимо будет несколько усложнить выпускаемую аппаратуру.

<sup>1</sup> Этот сложный модулированный по амплитуде сигнал модулирует по частоте ток в антенне радиопередатчика, работающего на ультракоротких волнах. (Прим. ред.)

<sup>2</sup> Предварительно в приемнике производится двукратное преобразование частоты принятого сигнала. (Прим. ред.)

Необходимо отметить еще и ту работу, которую двухканальная стереофония может выполнять «по совместительству». Дело в том, что по каждому из стереоканалов можно передать отдельную монофоническую программу и в приемнике легко выделить одну из этих передач. Практически это значит, что футбольный матч

можно комментировать одновременно на двух языках или осуществлять двухязыковое звуковое сопровождение при передаче по телевидению кинофильмов. Эта особенность приобретает исключительное значение для наших союзных республик, а также при международном обмене телевизионными передачами.

## ЛИТЕРАТУРА

Давыдов Г. М., «Говорит Москва», изд. 2-е, переработ., Связьиздат, 1957.

Книга знакомит с историей развития радио в нашей стране, с основами электротехники, с работой радиостанции, трансляционной сети и студийной аппаратурой.

Жаботинский М. Е. и Радунская И. Л., Радио наших дней, Изд-во АН СССР (Научно-популярная серия), 1959.

Первая глава посвящена физическим основам радиоэлектроники. Имеется раздел «Распространение радиоволн».

Хайкин С. Э., Словарь радиолюбителя, изд. 2-е, переработ., Госэнергиздат, 1960 (Массовая радиобиблиотека).

Содержит истолкование большого числа понятий и явлений, с которыми радиолюбитель может встретиться при чтении литературы. Основная задача словаря — помочь радиолюбителю пополнять и уточнять свои знания по радиотехнике. Готовится новое издание.

Браммер Ю. А. и Малинский В. А., Радиотехника, Госэнергиздат, 1961.

Учебное пособие по курсу теоретической радиотехники для техникумов. Элементы радиотехники. Рассмотрены нелинейные элементы радиотехнических устройств — электронные лампы, электронно-лучевые трубки и полупроводниковые приборы, вопросы получения и усиления колебаний различных частот. Изложены основы импульсной техники.

Грудинская Г. П., Распространение ультракоротких волн, изд. 2-е, переработ., Госэнергиздат, 1961 (Массовая радиобиблиотека).

В книге приводятся сведения о радиоволнах, антеннах, электрических свойствах поверхности земли и атмосферы и рассматриваются особенности распространения радиоволн различных диапазонов, в основном ультракоротковолнового.

Рассчитана на руководителей радиокружков.

Давыдов С. Л., Жеребцов И. П. и Левинзон-Александров Ф. Л., Радиотехника, изд. 3-е, исправ. и доп., Воениздат, 1961.

В книге, рассчитанной на курсантов училищ связи и сержантов войск связи, излагаются физические основы радиосвязи и принципы работы передающих, приемных и усилительных устройств, применяемых в военных приемно-передающих радиостанциях.

Книга сельского радиолюбителя, Изд. ДОСААФ, 1961.

Элементы электротехники и радиотехники, радиоприемники (в том числе телевизионные), усилители, источники питания, антенные устройства, электронные лампы и полупроводниковые приборы. Описания любительских радиоприемников, КВ и УКВ аппаратуры.

Костыков Ю. В. и Ермолаев Л. Н., Первая книга радиолюбителя, Воениздат, 1961.

Кроме сведений по основам электротехники и радиотехники, в книге имеются следующие главы: радиоприем, антенна и заземление, радиосхемы и детекторные радиоприемники, электронные лампы, полупроводниковые приборы, детали, питание радиоаппаратуры, усилители низкой частоты, простейшие радиоприемники, в мастерской радиолюбителя.

Климчевский Ч., Азбука радиолюбителя, пер. с польск., Связьиздат, 1962.

Это действительно азбука, скорее даже букварь радиотехники, написанный для юных радиолюбителей. Хорошо иллюстрированная многочисленными рисунками книга помогает сделать первые шаги в изучении радиотехники. В ней имеются четыре раздела: «Электротехника», «Радиотехника», Практические сведения и «Монтируем сами».

В русском переводе Л. В. Кубаркиным заново написаны разделы «Выбор приемника» и «Монтируем сами» применительно к радиоприемникам и радиодеталям, выпускаемым в СССР.

Айсберг Е., Радио?.. Это очень просто!, пер. с французск. под общ. ред. А. Я. Брейтбарта, Госэнергиздат, 1963 (Массовая радиобиблиотека).

Во всей мировой научно-популярной радиотехнической литературе нет сейчас более известной книги, чем эта. Она выдержала 26 изданий во Франции и переведена в 14 различных странах.

Книга занимательна и серьезна, популярна и научна, доходчива и остроумна, но в то же время в ней нет вульгаризации. Картинки на полях книги развлекают читателя и являются частью остроумных реплик и смелых сравнений, которыми обмениваются основные персонажи книги. В то же время это своеобразный веселый подтекст к тем вполне серьезным схемам и рисункам, которые находит читатель в основном тексте книги.

Сворень Р., Шаг за шагом. От детекторного приемника до супергетеродина, Государственное издательство детской литературы, 1963. Школьная библиотека.

Эта книга для тех, кто хочет стать радиолюбителем-конструктором и строить приемники, усилители, радиостанции, магнитофоны.

В ней сочетаются руководство для практической работы радиолюбителя с популярным рассказом об основах электротехники и радиотехники.

Начиная с простейшего детекторного приемника постепенно, шаг за шагом, читатель знакомится с принципом работы, схемами и устройством различных самодельных приемников.

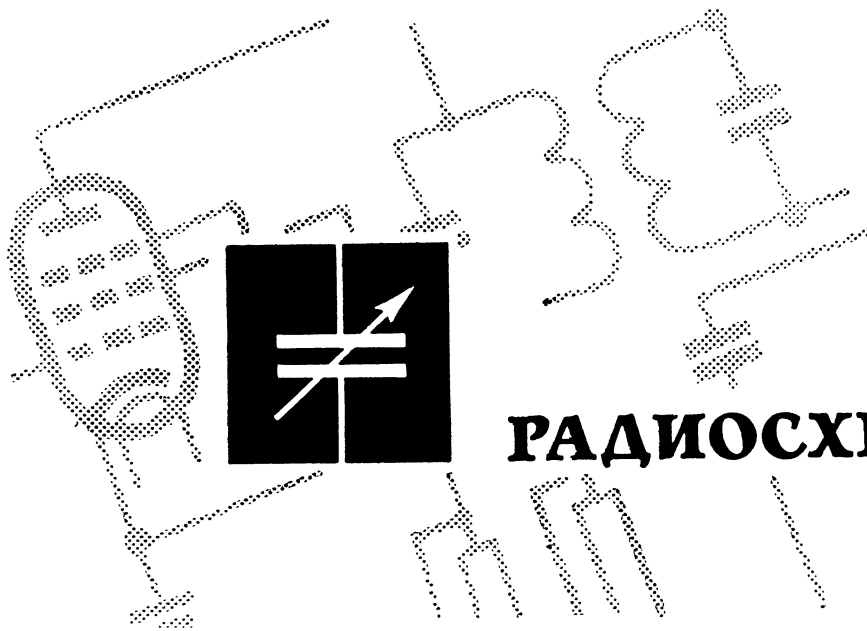
Жеребцов И. П., Радиотехника, изд. 5-е, переработ. и доп., Связьиздат, 1965.

В популярной и доступной форме в 12 главах книги излагаются основы современной радиотехники.

Книга рассчитана на читателя, имеющего образовательную подготовку в объеме 10 классов.







## Глава третья

# РАДИОСХЕМЫ<sup>1</sup>

### ВОЗНИКНОВЕНИЕ РАДИОСХЕМ

Всего каких-нибудь 70—80 лет назад люди, желавшие изобразить устройство электрического прибора или аппарата, вынуждены были форменным образом рисовать целую картину: внешний вид отдельных деталей, соединительных проводов и даже стол, на котором все это располагалось.

Провод в те времена изготовляли вручную, стоил он дорого и его берегли, применяя одни и те же отрезки в разных экспериментах. Лишние куски не отрезали, а для того чтобы не получалось путаницы чересчур длинных проводов, их свертывали в длинные спирали, которые можно было растягивать в меру необходимости. Поэтому провода, как правило, рисовали завитыми в спираль.

Нарисовать электрический прибор мог только тот, кто обладал художественными навыками, и обычно такой рисунок требовал затраты большого труда. Электротехникой, а затем и радиотехникой часто занимались лица, не умевшие рисовать. По необходимости они пользовались сильно упрощенными рисунками различных электрических деталей. Чем проще по начертанию были такие рисунки, тем легче было их воспроизводить и тем большее распространение они

получали. В конце концов эти рисунки стали настолько условными, символическими, что порой нелегко бывает представить себе их исходный вид. Такие упрощенные и общепринятые рисунки называют *условными обозначениями*. При этом в разных областях техники применяют свои системы условных обозначений.

Далее приведены наиболее широко распространенные условные обозначения в радиотехнике. Они сведены теперь в ГОСТ 7624-62 (см. стр. 71—74), применение которого обязательно на всей территории Советского Союза. Некоторые из условных обозначений настолько наглядны, что легко себе представить рисунок и деталь, от которых они происходят. Например, точка на символе соединения проводов условно изображает каплю олова, обеспечивающую электрический контакт; символ телефона очень напоминает рисунок этого прибора; символ катушки индуктивности по начертанию довольно близок рисунку цилиндрической бескаркасной катушки. Такое внешнее сходство изображения символа и рисунка очень облегчает запоминание. Однако есть и такие схемные обозначения, которые не напоминают внешнего вида изображаемых деталей, но зато хорошо представляют идею их работы.

Из отдельных условных изображений составляют радиосхемы, называемые *принципиальными*. Не зная условных обозначений, невозможно прочесть схемы. Поэтому важно прежде

<sup>1</sup> Глава написана для Хрестоматии М. А. Згутом. (Новая редакция.)

всего внимательно рассмотреть и постараться запомнить условные обозначения. В дальнейшем, если случится составлять или чертить схему, важно заботиться о том, чтобы пропорции символов были такими же, как на приведенных рисунках, иначе схему будет трудно читать другим.

### ОСОБЕННОСТИ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ

Современная система условных обозначений элементов радиотехнических устройств во многом напоминает систему обозначения звуков речи буквами или звуков музыки нотами. Сложилась особая письменность, в которой роль букв и слов играют радиотехнические символы и которая понятна только радиотехникам. Она продолжает изменяться и совершенствоваться и в наши дни.

Необходимо заметить, что подобно тому как знание букв еще не означает умения свободно читать, так и знание радиотехнических условных обозначений само по себе еще не достаточно для того, чтобы в полной мере и без затруднений пользоваться принципиальными схемами.

Рассматривая современные радиосхемы, можно заметить ряд их особенностей. Прежде всего все радиосхемы являются *плоскими* изображениями *пространственных* по своей конструкции устройств. Например, детали телевизора довольно плотно заполняют некоторый объем, тогда как его схема представляет собой плоский чертеж, на котором трудно, а порой и невозможно отобразить особенности расположения реальных деталей. Стремление отобразить на принципиальной схеме особенности конструктивного размещения деталей является вредным, так как мешает понятности схемы, препятствует легкости ее чтения.

Другая особенность этих схем — необычайно обобщенный характер условных обозначений. Действительно, каждое из условных обозначений обычно не характеризует конструкцию, размеры или иные физические параметры детали. Соединительная линия на принципиальной схеме изображает только идею электрического соединения выводов двух различных деталей. Фактически такое соединение может быть выполнено самыми различными способами: тонким или толстым, голым или изолированным, длинным или коротким, медным или серебряным проводником. Часто это соединение может быть осуществлено совсем без помощи отдельного проводника — вывод одной из деталей будет припаян непосредственно к выводу другой детали. Таким же образом символ катушки индуктивности совсем не дает

возможности судить о конструктивном выполнении, форме, размерах и даже о числе витков реальной катушки, не говоря уже о сечении или марке провода.

Но если условные изображения так мало говорят о физических параметрах деталей, если вся схема в целом не дает какого бы то ни было представления о реальном размещении деталей, то почему же принципиальные схемы получили такое широкое распространение, почему ни один радиотехник не может обойтись без помощи схем? Главная причина этого как раз и кроется в обобщенности как отдельных символов, так и целых схем. Подобная обобщенность предоставляет неоценимые преимущества с точки зрения удобства размышления о схемах, о процессах, протекающих в радиотехнических приборах. Возможность отвлечься от конструкции позволяет при обдумывании работы радиоустройства целиком сосредоточиться на происходящих в нем электрических процессах. Очень часто можно наблюдать, как опытный радиотехник, ремонтируя или налаживая сложный прибор, временно отвлекается от реального сооружения и погружается в размышления над схемой; только сообразив по ней, как развиваются электрические процессы, как протекают токи, он возвращается к реальному прибору.

Облегчению чтения в схемах посвящено все, в том числе и строгое единообразие символов. Человек, читающий текст в книге, не обращает внимания на рисунок шрифта только потому, что этот шрифт единообразен. Слово, составленное из букв разных размеров или рисунка, *пРоЧиТыВаЕтСя* уже гораздо медленнее и с большим трудом. Зато единообразный шрифт дает возможность сосредоточить свое внимание целиком на идеях, заложенных в словах.

Условные обозначения с небольшими изменениями одинаковы у радиотехников всех стран мира. Язык радиосхем стал международным, подобно приемам записи алгебраических или химических формул. Многие радиолюбители, совсем не знающие иностранных языков, прекрасно понимают устройство и принцип работы различных радиоустройств, рассматривая схемы в зарубежных журналах.

Во всех европейских языках текст читают слева направо, арабский текст пишут справа налево, по-китайски пишут сверху вниз. Радиосхемы были разработаны в Европе, поэтому вполне естественно, что принципиальные схемы строятся и читаются в основном слева направо. Всякое нарушение этого порядка неизбежно затрудняет чтение схемы.

Для того чтобы научиться читать печатный текст, требуется некоторое время. Подобно этому

и умение размышлять о работе радиосхем, продумывать пути следования сигналов, понимать распределение сигналов во времени, т. е. умение «читать радиосхемы» — все это приобретается постепенно, в процессе разбора большого количества радиосхем.

## ВИДЫ РАДИОСХЕМ

Принципиальные радиосхемы являются не единственным видом чертежей, используемых для пояснения работы радиотехнических устройств, для размышлений над их работой. Широкое распространение получили также блок-схемы и монтажные схемы.

*Блок-схемы* названы так потому, что состоят из условных изображений блоков.

Блок-схемы применяют для изображения взаимосвязей между отдельными частями радиотехнического прибора, путей прохождения основных сигналов.

Понятие «блок» представляет собой обобщение, гораздо более широкое, чем любой из символов принципиальных схем. Блоком может считаться как небольшая часть устройства, содержащая всего несколько мелких деталей, так и существенный, громоздкий узел, объединяющий большое число деталей. На блок-схемах отдельные блоки обозначают квадратиками или прямоугольниками, реже — кружками. Электрические соединения между блоками показывают чрезвычайно упрощенно, одной или двумя линиями, опуская все второстепенные связи.

Условные обозначения блоков однообразны, и приходится принимать дополнительные меры, чтобы различать эти обозначения.

В одних случаях на изображении блока помещают полную или сокращенную надпись (например: *Генератор* или *Г*). Иногда такую надпись помещают возле символа блока. В других случаях символы блоков просто нумеруют, а пояснительные надписи, раскрывающие смысл этих номеров, помещают на полях чертежа. В иных блок-схемах внутри символов ставят значки, которые в упрощенном виде представляют собой какой-либо общеизвестный график (например, вольт-амперную характеристику диода в блоке детектора), или значок, представляющий собой условное обозначение из принципиальных схем (например, условное обозначение вентиля в блоке детектора). Изредка, для того чтобы выделить какой-либо из блоков, для него применяют более сложное обозначение, представляющее собой силуэт одной из самых характерных или существенных деталей блока.

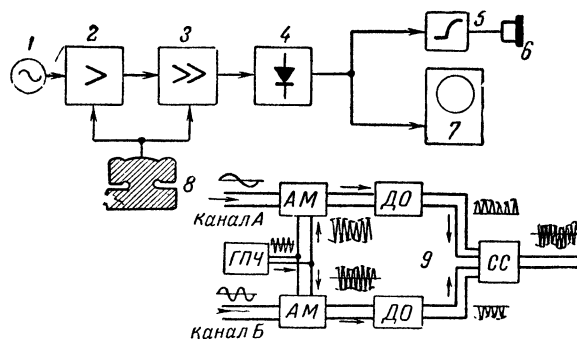


Рис. 1. Условные обозначения на блок-схемах.

1 — генератор переменного напряжения или вообще сигнала; 2 — усилитель напряжения; 3 — усилитель мощности; 4 — блок, содержащий вентиль (в частности, детектор); 5 — фильтр нижних частот (кривая внутри квадрата представляет собой упрощенный чертеж характеристики пропускания фильтра); 6 — символ принципиальных схем (в данном случае — головные телефоны); 7 — упрощенное изображение устройства (в данном случае — осциллографа); 8 — обозначение устройства посредством изображения его характерного силуэта (в данном случае — электрическая машина); 9 — образец блок-схемы по двухпроводной системе с обозначением форм напряжений, действующих в разных местах схемы.

Соединения между блоками изображают одной или двумя сплошными линиями, а направление прохождения сигнала — стрелками на этих линиях. Для того чтобы показать, как меняется форма сигнала (особенно в телевизорах), в различных местах блок-схемы помещают графики зависимости тока или напряжения от времени. Точка схемы, в которой должна наблюдаться такая кривая, указывается сноской, причем сама кривая иногда заключается в кружок. Примеры, приведенные на рис. 1, поясняют различные начертания блок-схем.

*Монтажные схемы* в отличие от принципиальных и блок-схем предназначены для упрощенного пояснения конструктивных особенностей радиотехнических приборов. В зависимости от необходимости, от уровня подготовки тех, для кого предназначены монтажные схемы, последние могут в большей или меньшей степени приближаться к рисунку внешнего вида соединений и деталей. На монтажных схемах показывают размещение деталей на шасси, расположение и нумерацию их выводов и также прокладку соединительных проводов.

Монтажная схема позволяет понять, например, как следует установить в гнезде ламповую панельку, чтобы обеспечить наиболее рациональную прокладку соединительных проводников, как и где разместить навесные детали монтажа (конденсаторы и резисторы, которые подвешивают на их собственных выводах).

Многие радиолюбители, особенно те, которые уже собрали два-три приемника, но еще не приобрели достаточного опыта сознательного конструирования радиоаппаратуры, часто недооце-

нивают важность монтажных схем, необходимость придерживаться их при изготовлении радиоаппаратуры. Они не особенно задумываются над паразитными связями, возникающими между деталями, проводами, элементами конструкции.

Произвольное, несознательное изменение уже отработанной конструкции может при неудачном стечении обстоятельств привести к самовозбуждению прибора или к снижению его технических показателей.

### КАК ЧИТАТЬ РАДИОСХЕМЫ

Если внимательно проследить, как грамотный человек читает печатный текст, то можно обнаружить удивительное обстоятельство: слогги, а то и отдельные слова узнаются и прочитываются сразу, так сказать одним махом, каждое слово целиком. При этом небольшие ошибки, опечатки, перестановки букв в отдельных словах такой человек не всегда и заметит. Совсем иначе читают люди, плохо владеющие грамотой или данным языком. Они читают слова по буквам или по слогам. Нечто похожее имеет место и при чтении радиосхем. При некотором умении принципиальные схемы читают тоже не отдельными условными обозначениями, а целыми узлами. Такой узел узнается сразу, с одного взгляда. Но для того чтобы такое узнавание происходило без труда, сразу, нужно привыкнуть к общепринятому начертанию, вернее — к общепринятому взаимному расположению частей характерных узлов радиосхем. Кроме того, конечно, необходимо, чтобы и сама схема была вычерчена с соблюдением таких общепринятых способов взаимного расположения обозначений

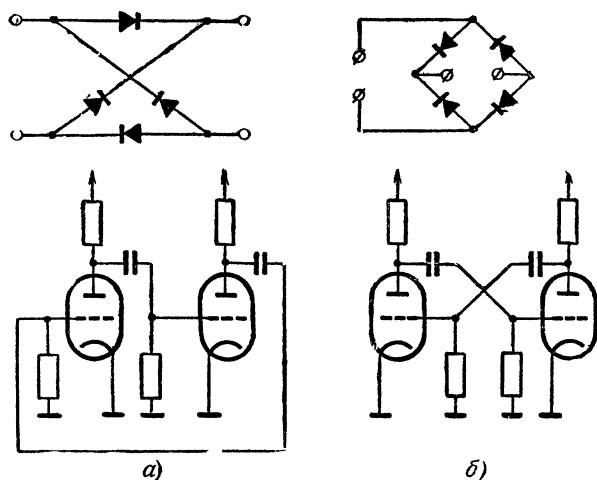


Рис. 2. Принципиальные схемы, по-разному компонованные из одинаковых условных обозначений. Левые схемы (а) отличаются от правых только начертанием. Компоновка схем, изображенных слева (а), применяется редко, тогда как компоновка схем, помещенных справа (б), является общепринятой.

на схемах. Рисунок 2 показывает, что если переставить условные обозначения, сохраняя все соединения, то схема в общем представляется совсем незнакомой. Даже опытные радиотехники, рассматривая принципиальные схемы, вычерченные неудачно, запутанно или необычно, вынуждены бывают сначала приводить отдельные узлы к общепринятому, привычному виду, а затем уже соображать, как протекает работа схемы. Чем выше радиотехническая квалификация, тем лучше выполнять это не на бумаге, а в уме. Поэтому начинающим радиолюбителям очень полезно бывает побольше практиковаться в разборе схем, просматривать не только те схемы, по которым они предполагают что-либо строить, но и много других.

При чтении схем обычно исходят из того, что каждое существенное преобразование сигнала в большинстве случаев осуществляется в электронной лампе или полупроводниковом приборе. Входным зажимом лампы, как правило, является первая сетка (у полупроводникового прибора — база), выходным — анод (у транзистора — коллектор). Поэтому практически схему читают не непрерывно, а своеобразными бросками: от символа входного зажима схемы или анода предыдущей лампы до сетки следующей лампы или выходного зажима схемы. В промежутках между этими бросками рассматривают и анализируют все близлежащие участки схемы. Таким образом, перемещение взгляда по схеме идет неравномерно, с некоторым «топтанием» вокруг символов отдельных ламп. Иными словами, схему читают, тратя основное время на разбор отдельных каскадов.

Для того чтобы облегчить узнавание отдельных узлов принципиальной схемы, применяют ряд привившихся уже приемов:

1. Электрическую симметрию, имеющую место в таких устройствах, как балансные или двухтактные схемы, отображают графической симметрией расположения условных изображений относительно вертикальной или горизонтальной оси.

2. Элементы мостовых схем располагают по диагоналям ромба, так что точки входа и выхода оказываются на вертикальной и горизонтальной осях. Наклонные линии ромба хорошо выделяются на фоне горизонтальных и вертикальных линий принципиальной схемы. Между прочим, построение линий схемы в основном только вертикально и горизонтально производится неслучайно. Именно такое расположение линий легче всего воспринимается глазом человека, а это существенно облегчает чтение схем.

3. Однообразное расположение символов в ряд или по одной вертикали применяют иногда для того, чтобы подчеркнуть, что эти детали имеют одинаковое назначение или

работают одинаково. В схемах приемников, например, в один ряд или по вертикали располагают колебательные контуры одного каскада, переключаемые при смене диапазонов волн. Достаточно разобрать действием схемы с участием одного из контуров, как становится понятным назначение и всех остальных. Если схема содержит ряд последовательно включенных однотипных каскадов усиления, то эта однотипность подчеркивается одинаковой компоновкой символов во всех каскадах. Разобрав работу первого каскада, можно читать остальные, не задерживая на них особого внимания.

4. Отдельные узлы принципиальной схемы легче узнавать, если они на чертеже несколько изолированы, отделены один от другого, если соединительные линии и другие одиночные символы не маскируют это разделение. Соединительные линии, особенно линии подвода питания и соединения на землю, всегда затрудняют такое разделение. Помимо этого, такие линии, как правило, имеют большую протяженность, прослеживание их затруднено. Поэтому на многих схемах такие линии не ведут целиком, а обрывают. Для того же чтобы было понятно, куда направляется оборванный конец, на нем ставят стрелочку и надпись. Стрелочку без надписи ставят обычно на оборванных цепях питания накала ламп; на цепях питания анода помещают надписи «+» или «+240» (если анодное напряжение имеет величину 240 в). В схемах с транзисторами часто заземляют положительный вывод источника питания и тогда не ведут цепи питания коллекторов, проставляя у оборванных концов знак «—» или «—9 в». На оборванных цепях автоматической регулировки усиления пишут АРУ и т. д. Линии, идущие к шасси или к заземляющей шине, снабжают символом соединения на шасси или землю.

#### ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИИ НА ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМАХ

Выше указывалось, что принципиальная схема по своей идее не должна отражать механической конструкции радиотехнического устройства. Однако в ряде случаев этот общий принцип нарушается, хотя и таким образом, чтобы не нарушать существенно строения принципиальной схемы. Причина, по которой в принципиальную схему вводят элементы конструктивного выполнения, заключается в том, что эта схема порой является единственным документом, на основании которого радиолюбители и даже профессионалы осуществляют изготовление и ремонт радиотехнических устройств. Конструктивные вопросы на принципиальной схеме всегда стараются отражать такими приемами, чтобы

не нарушать ее удобочитаемость, не мешать ее обдумывать.

Одним из наиболее распространенных приемов конкретизации конструкции является простановка на принципиальных схемах электрических параметров большинства деталей. Возле символов резисторов, например, помещают надписи, указывающие не только порядковый номер резистора (к примеру  $R_{15}$ ), но и величину. При этом целое число без буквы означает сопротивление в омах, число с буквой *к* — сопротивление в килоомах, а число, записанное в форме десятичной дроби без буквы, — сопротивление в мегаомах. Таким образом, цифра 2, проставленная у символа резистора, означает 2 ом, надпись 2к — 2 ком, а пометка 2,0 — 2 Мом. На самом символе резистора проставляют черточки, характер расположения и число которых по коду, представленному на рис. 3, указывают допустимую мощность рассеяния на резисторе, а следовательно, и косвенно на тип последнего.

У символов конденсаторов, помимо надписей, указывающих порядковый номер (например,  $C_{15}$ ), помещают пометки полярности, если это электролитический конденсатор, а также цифры, обозначающие емкость и рабочее напряжение. Аналогично тому как это делается для резисторов, значение емкости указывают в виде целого числа без буквы, если ее выражают в пикофарадах, и в форме десятичной дроби без буквы, если ее выражают в микрофарадах. Так, надпись 50 означает 50 пф, а 50,0 — 50 мкф. Число, указывающее емкость в тысячах пикофарад, снабжают буквой «т». Величина рабочего напряжения проставляется в виде числа с буквой в (например, 300 в).

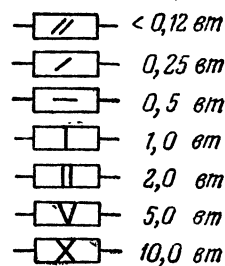


Рис. 3. Код обозначения мощности резисторов.

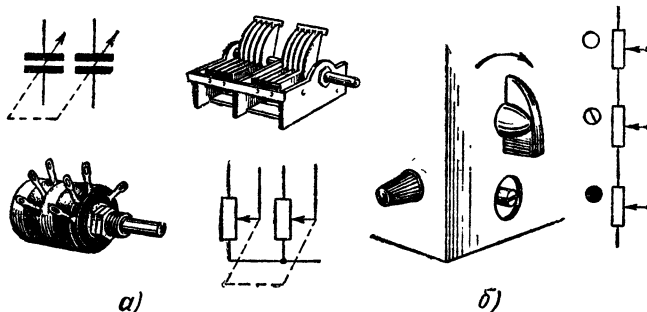


Рис. 4. Конструктивные элементы на принципиальных схемах.

а — пунктирная линия обозначает объединение органов настройки; б — значки, указывающие, куда выведены ручки потенциометров.



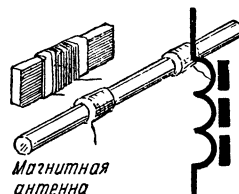
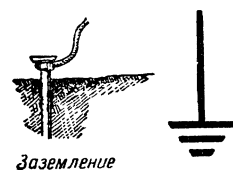
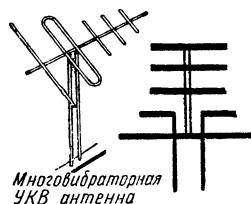
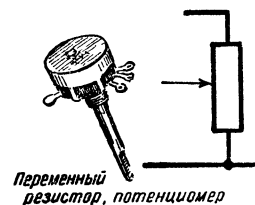
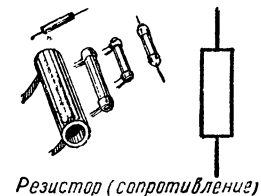
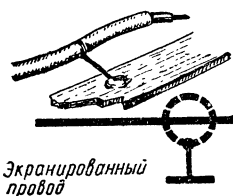
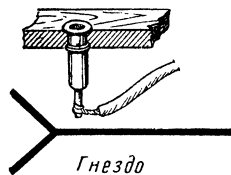
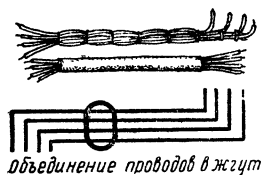
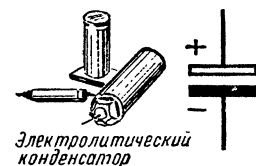
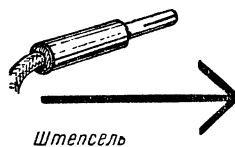
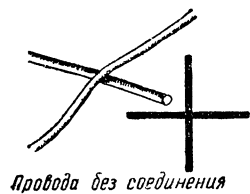
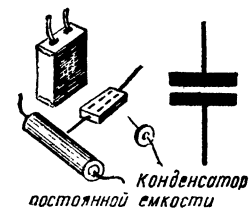
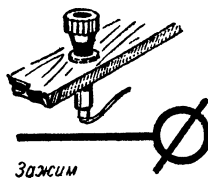
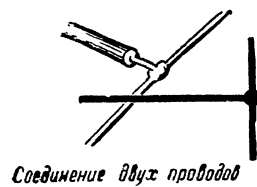


Рис. 5. Условные обозначения на принципиальных схемах по ГОСТ 7624-62.

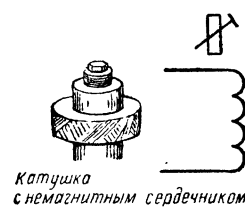
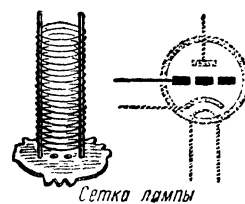
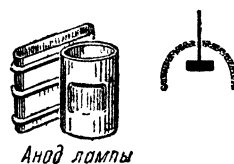
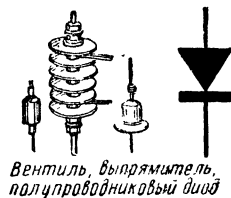
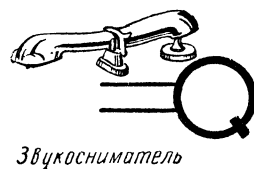
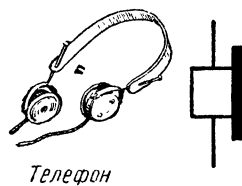
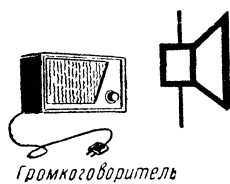
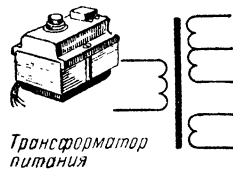
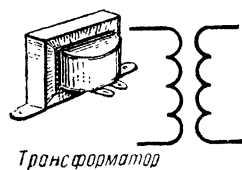
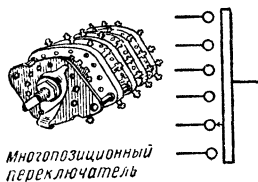
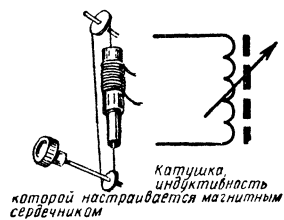
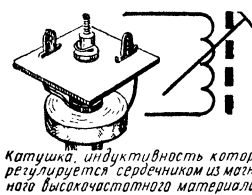
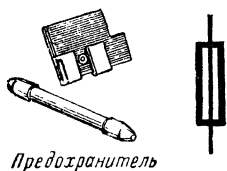
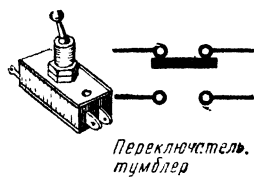
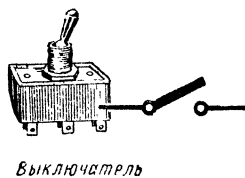


Рис. 5.

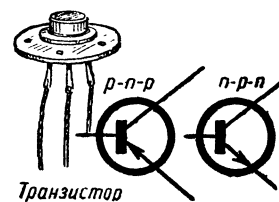
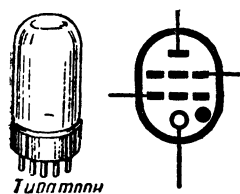
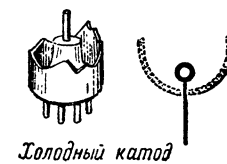
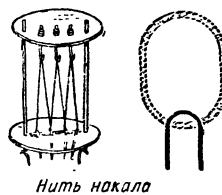
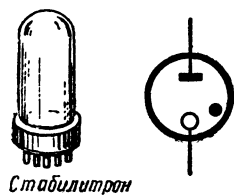
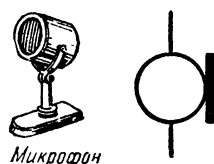
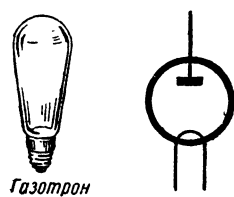
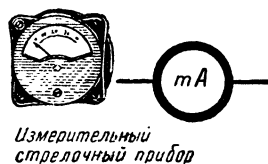
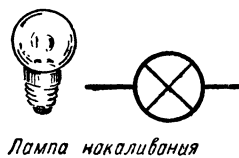
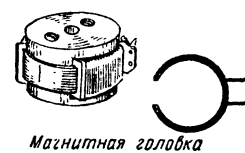
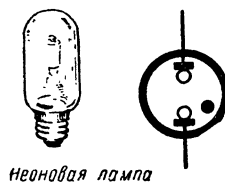
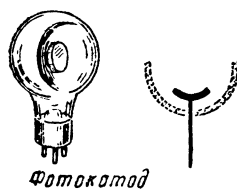
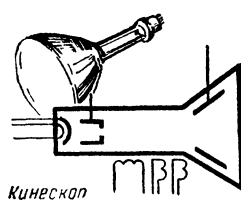
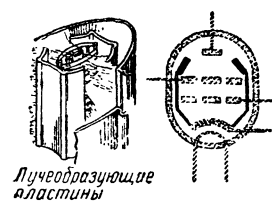


Рис. 5.

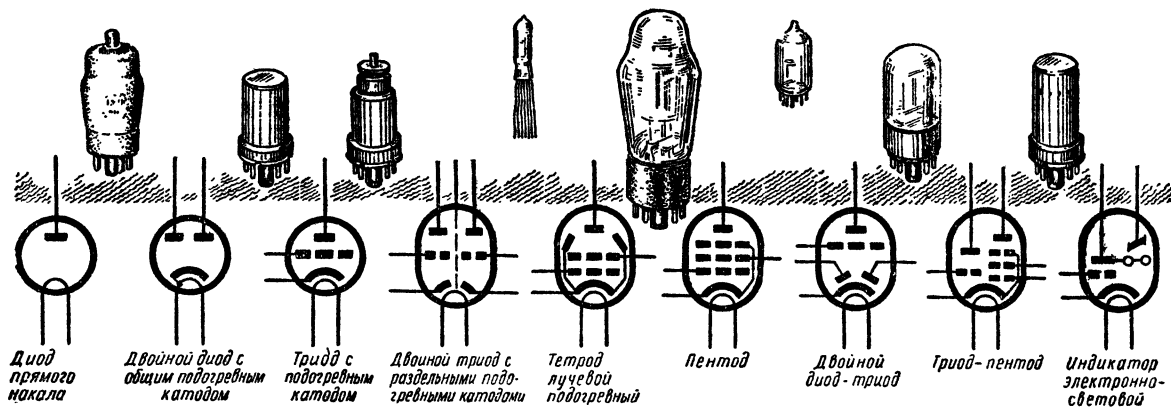


Рис. 5.

На выводах символов электронных приборов часто проставляют цифры, указывающие порядковый номер штырьков цоколя, на которые выведены соответствующие электроды.

Нумерация ножек по общепринятому порядку идет по часовой стрелке, начиная от ключа цоколя, если смотреть на цоколь лампы снизу. В тех цоколях, где нет ключа, отсчет ведут от увеличенного промежутка между ножками (в лампах пальчиковой серии) или от цветной метки (в лампах бесцокольных).

Возможность изменения электрических параметров у деталей, как явствует из сводки условных обозначений, выражают стрелкой, наискось пересекающей изображение символа. Чтобы показать механическую связь между органами регулировки таких деталей, эти стрелки на схеме соединяют между собой штриховой ломаной линией (рис. 4, а).

Рукоятки различных органов настройки могут быть выведены на лицевую панель радиотехнического прибора, на заднюю или боковую панель или размещены внутри прибора для регулировки только в процессе налаживания. В последнем случае на оси деталей обычно даже не надевают ручек, а делают прорезы для отвертки (делают ось под шлиц) или грани под ключ. Для тех, кто ведет настройку или регулировку

радиоприбора, важно знать, куда выведена ручка той или иной детали. Поэтому на принципиальных схемах иногда у символов деталей, подвергающихся регулировке, ставят значки, указывающие, куда выведена ручка. Как видно из рис. 4, б, кружок означает, что ручка выведена на лицевую панель, перечеркнутый кружок — что она сделана под шлиц, а залитый кружок — что она выведена сзади или сбоку.

В значительном числе случаев в многообмоточных трансформаторах далеко не все равно, какой из концов обмотки включен в ту или иную цепь.

Для того чтобы не происходило путаницы, начала всех обмоток на схеме помечают на символе трансформатора точками.

У символов таких стандартных деталей, как лампы, транзисторы, вентили и др., проставляют их наименования, которые целиком определяют конструкцию этих деталей.

Элементы конструкции приходится отображать на принципиальной схеме и в тех случаях, когда в состав устройства входит такая деталь, условное изображение которой еще не разработано или не получило широкого распространения. В таких случаях эту деталь изображают упрощенным рисунком или чертежом, вводя в состав обычной принципиальной схемы.

## ЛИТЕРАТУРА

Ежегодник Массовой радиобиблиотеки, 500-й юбилейный выпуск под редакцией Э. Т. Кренкеля, изд-во «Энергия», 1964.

В конце книги приводятся условные графические обозначения по ГОСТ 7624-62.

Згут М. А., Условные обозначения и радиосхемы, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

В книге рассказывается о том, откуда произошли символы, употребляемые в радиосхемах, что они означают и как читать схемы, составленные из них.

Книга рассчитана на читателей, только еще знакомящихся с радиотехникой. Поэтому дано краткое объяснение принципа работы ряда радиодеталей

Лабутин В. К., Книга радиомастера, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

В книге сказано о радиотехнических схемах и помещены условные графические обозначения для этих схем.

Новые обозначения на принципиальных схемах (ГОСТ 7624-62), «Радио», 1965, № 1, стр. 52—55.

В статье приводятся наиболее употребительные обозначения в принципиальных схемах по действующему ГОСТ





## ПРОСТЕЙШИЕ ПРИЕМНЫЕ АНТЕННЫ <sup>1</sup>

Приемная антенна служит для приема электромагнитных волн, излучаемых передающей радиостанцией, и для подачи принятого сигнала на вход приемника.

Массовыми типами приемных антенн являются: Г-образная (рис. 1, а) и Т-образная (рис. 1, б) однолучевые антенны, простой вертикальный или наклонный провод (рис. 1, в), иногда с «метелочкой» на вершине (рис. 1, г), и всевозможные комнатные антенны.

Рассматривая антенну как радиотехническое устройство, следует помнить, что любой провод обладает не только активным сопротивлением, но и электрической емкостью и индуктивностью. Следовательно, любая антенна представляет собой колебательную цепь.

Этот своеобразный колебательный контур в силу того, что его собственная емкость и индуктивность равномерно распределены по всей длине провода, имеет свои физические особенности, заключающиеся в том, что при возникновении в антенне колебаний ток и напряжение распределяются в проводе неравномерно, т. е. в каждой точке провода значения этих величин различны.

Если, например, в вертикальной антенне, работающей с заземлением, возникает колебательный процесс, то наибольший ток будет в

точке подключения антенны к приемнику. В вышележащих точках провода ток будет постепенно уменьшаться и у самой вершины он спадет до нуля (рис. 2). Напряжение в такой антенне распределяется в обратном порядке. Наибольшая величина его относительно земли оказывается у верхнего конца провода, а наименьшая — в точке подключения его к приемнику.

Точки провода, в которых наблюдаются максимальные значения тока или напряжения, называются соответственно *пучностями тока* и *пучностями напряжения*, а те точки, где ток и напряжение равны нулю, называются *узлами тока* и *узлами напряжения*.

Собственная емкость  $C_A$  и собственная индуктивность  $L_A$  антенны зависят от ее геометрических размеров и формы. Так, например, каждый метр однопроводной антенны, удаленной от других проводников, обладает собственной емкостью около 5 пф и собственной индуктивностью около 1—2 мкгн. Простейшие любительские приемные антенны имеют обычно емкость около 200—250 пф, индуктивность около 20 мкгн и активное сопротивление около 25 ом.

Кроме того, антенна характеризуется еще одним очень важным параметром, который называется *действующей* или *эффективной высотой*.

Действующей высотой антенны называют высоту условной вертикальной антенны, которая

<sup>1</sup> Голдованский П., «Радио», 1949, № 8.



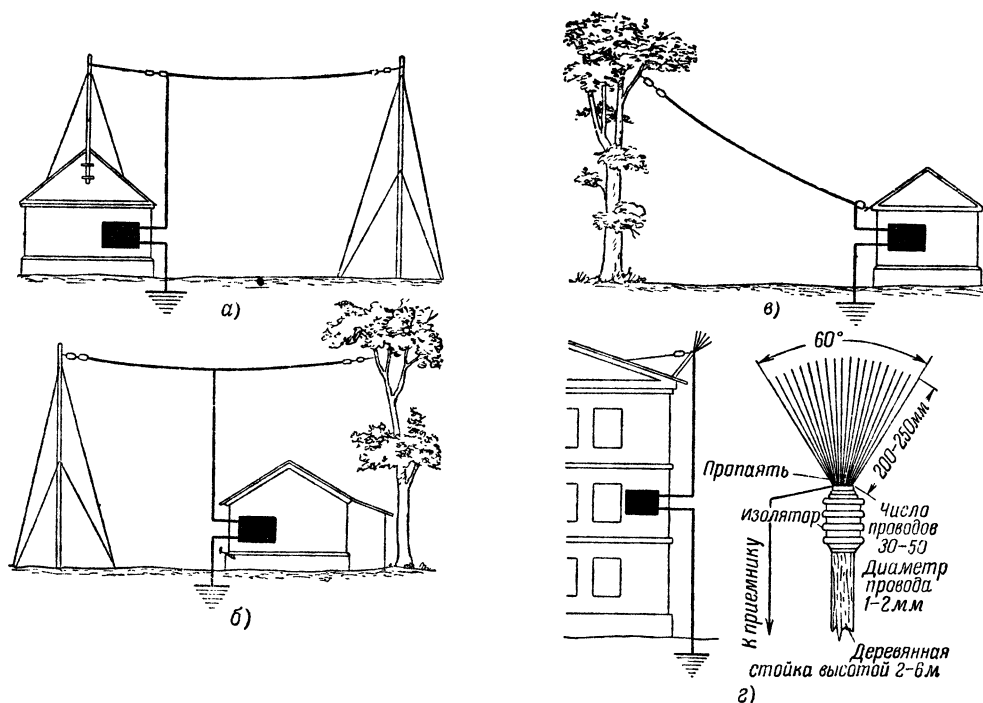


Рис. 1. Различные типы приемных антенн.

излучает (если рассматривать антенну как передающую) такую же мощность, как и данная реальная антенна, но имеет ток по всей длине одинаковый и равный значению тока в пучности реальной антенны.

Высота такой воображаемой антенны (рис. 3) всегда будет меньше геометрической высоты реальной антенны.

Действующая (эффективная) высота — понятие условное, принятое для облегчения расчетов антенн.

Действующая высота различных приемных антенн зависит от формы антенны. Для Г-образных и Т-образных антенн она составляет около 0,7—0,8 их геометрической высоты. В большинстве случаев действующая высота наружных любительских антенн, применяющихся для радиовещательных приемников, составляет от 1,5 до 4 м.

Ознакомившись в общих чертах с физическими особенностями антенны, рассмотрим теперь антенную цепь приемника.

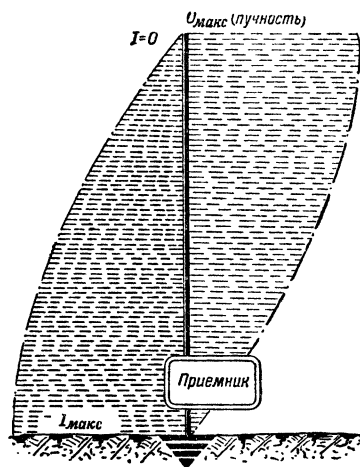


Рис. 2. Распределение тока и напряжения в вертикальной антенне.

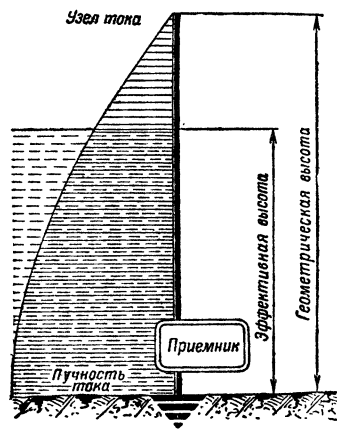


Рис. 3. Геометрическая и действующая высоты антенны.

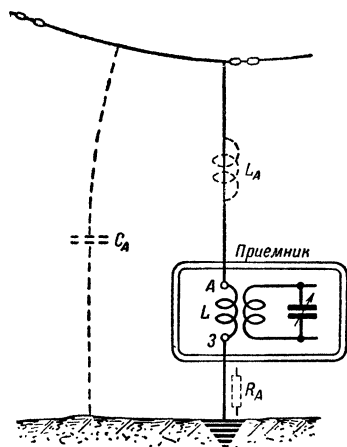


Рис. 4. Антенная цепь приемника.

Типичная антенная цепь показана на рис. 4. Она состоит из самой антенны, обладающей собственной емкостью  $C_A$ , индуктивностью  $L_A$ , активным сопротивлением  $R_A$ , и катушки индуктивности  $L$ , которая связывает антенну с входным контуром приемника. Кроме того, в антенную цепь входит заземление или противовес.

Электромагнитные волны, излучаемые передающей радиостанцией, при пересечении провода приемной антенны возбуждают в нем переменную э. д. с. Частота и характер изменений этой э. д. с. в точности соответствуют частоте и характеру всех изменений электромагнитного поля.

Величина э. д. с., возникающей в антенне, очень мала и измеряется микровольтами или в лучшем случае милливольтами. Значение ее зависит от мощности и удаленности передающей радиостанции, от условий и особенностей распространения радиоволн и от действующей высоты приемной антенны.

В современных радиовещательных приемниках антенную цепь не настраивают. Дело в том, что ламповые приемники имеют два-три контура (а иногда и более), настраивающихся одной ручкой. Этой же общей ручкой должна была бы одновременно настраиваться и антенная цепь. Но осуществить это очень трудно, ибо емкость разных антенн различна и вообще непостоянна: она может произвольно изменяться под действием внешних причин (при качании антенны, при изменении влажности воздуха и т. п.). Поэтому точно учесть емкость антенны нельзя и обеспечить неизменную настройку антенной цепи для любого участка диапазона практически невозможно.

Чтобы чувствительность приемника не изменялась так резко по диапазону, резонанс антенной цепи выводят за пределы рабочего диапазона. Для этого включают в антенную цепь катушку  $L$  с такой индуктивностью, что резонансная частота антенного контура оказывается примерно на 30% ниже, чем самая низкая частота данного диапазона.

Настраивать антенную цепь на частоту, превышающую самую высокую принимаемую частоту, невыгодно, так как при этом чувствительность будет сильно меняться по диапазону.

Основные типы любительских антенн приведены на рис. 1.

Может быть применена любая из этих антенн. Длина горизонтальной части Г-образной или Т-образной антенны не должна превышать 20 м. Обычно она составляет 8—12 м.

Высота подвеса антенны над крышами зданий и другими сооружениями желательна не менее 4 м, а при установке мачт на земле — не менее 10—12 м. Дальнейшее увеличение высоты подвеса антенны приведет к заметному возрастанию атмосферных помех.

## ГРОЗОЗАЩИТА АНТЕНН<sup>1</sup>

Во время гроз наблюдаются случаи прямого удара молнии в антенну. При несоблюдении мер защиты такие случаи опасны для жизни людей, находящихся вблизи антенны. Опасны также статические заряды, которые могут накапливаться на изолированной, находящейся на открытом воздухе антенне во время грозы, при сильном сухом ветре и снегопаде. В грозу нельзя прикасаться не только к антенне, но и к электрически соединенным с нею металлическим предметам. Чтобы избежать опасных разрядов,

антенны оборудуются специальной грозозащитой.

Во время перерыва в работе приемника, а также при приближении грозы антенну необходимо заземлять: грозовой переключатель перевести в положение, соответствующее заземлению антенны, а антенный штеккер вынуть из гнезда антенны телевизора.

В каких случаях нужна грозозащита? Она нужна главным образом в сельской местности, особенно если антенна подвешена высоко. Нет необходимости в грозозащите невысоких антенн (2—3 м) и антенн, находящихся в условиях города при наличии вблизи различных инже-

<sup>1</sup> Терентьев В., Грозозащита антенн, «Радио», 1960, № 2.

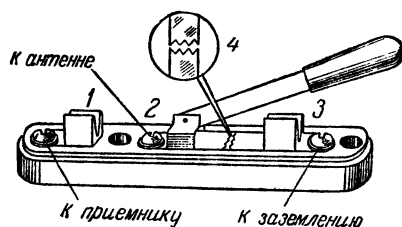


Рис. 1.

нерных сооружений, оборудованных грозозащитой.

Как устраивается грозозащита? Наша промышленность выпускает специальный грозовой переключатель, конструкция которого приведена на рис. 1. Этот переключатель устанавливается на оконной раме или на стене вблизи ввода антенны; при этом провода от антенны и заземления подводятся кратчайшим путем (рис. 2). Антенное гнездо приемника соединяется с медной пружинящей скобой 1 (рис. 1). Ввод от антенны подключается к зажиму 2 у основания ножа рубильника. Провод от заземления и провод, ведущий к гнезду заземления приемника, присоединяют к скобе 3. При использовании в качестве фидера или снижения симметричного кабеля следует установить два грозовых переключателя, по одному на каждый провод кабеля.

Устройство грозозащиты упрощается при применении многоэлементных и шлейф-антенн для телевидения и УКВ, особенно если они установлены на металлических мачтах. В этом случае средние точки вибраторов и экраны кабелей спаи-

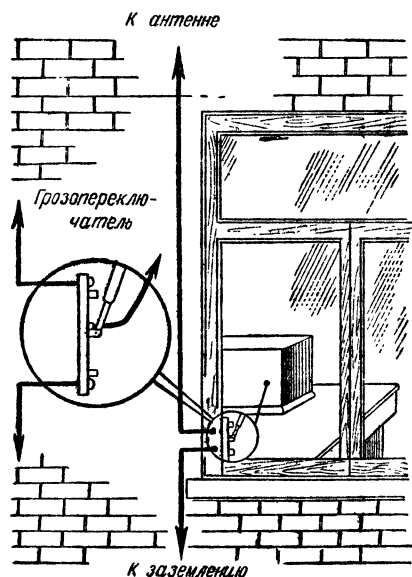


Рис. 2.

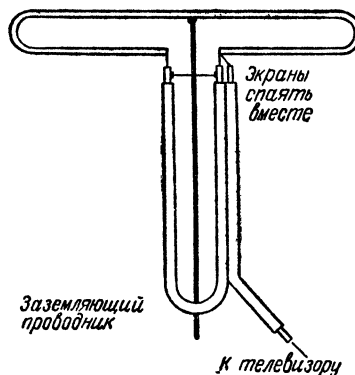


Рис. 3.

вают, как это показано на рис. 3, и соединяют с металлической мачтой, которую необходимо надежно заземлить. Если используется деревянная мачта, заземление осуществляется с помощью провода, проложенного вдоль мачты. В месте ввода в здание оболочку кабеля следует дополнительно заземлить с помощью медного провода.

Заземление телевизионной антенны может быть осуществлено и иначе (рис. 4). К концу кабеля снижения (у самого штеккера), к жиле и к металлической оплетке припаявается отрезок двухжильного провода длиной около 2 м (можно использовать провод в хлорвиниловой изоляции или осветительный шнур). Один его проводник соединяется с центральной жилой кабеля, другой — с оплеткой. После того как проводники припаяны, следует соединять их в различных местах, начиная с конца, и следить при этом за изображением на экране телевизора, подбирая такое место, в котором замыкание проводов не сказывается на качестве изображения. В этом месте жилы провода надо очистить от изоляции, спаять и место спайки хорошо заземлить.

Заземление приемника (телевизора) может быть осуществлено соединением его с трубами водопровода или центрального отопления. Использовать в качестве «земли» газовые трубы не следует.

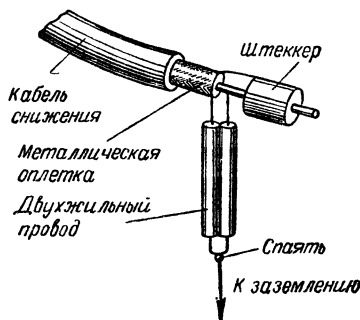


Рис. 4.

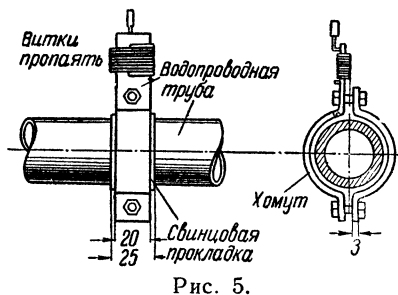


Рис. 5.

Соединение заземляющего провода, в качестве которого рекомендуется использовать медный или стальной провод диаметром 3—6 мм, с трубами лучше всего производить как это показано на рис. 5. Для надежности контакта под скобу кладется свинцовая прокладка.

В тех случаях, когда присоединить заземление к водопроводным или отопительным трубам невозможно, применяется специальный заземлитель. Для этой цели водопроводную трубу диаметром до 5 см и длиной до 3 м забивают в землю. Вместо трубы можно использовать железный стержень, фасонную сталь любого размера, железное ведро и т. п.

Перед погружением заземлителя в грунт поверхность его следует очистить от ржавчины, краски и других изолирующих веществ. Верхний конец заземлителя должен быть ниже поверхности земли на 0,5—1 м (рис. 6). Присоединение

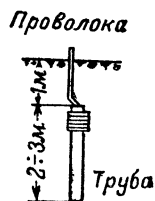


Рис. 6.

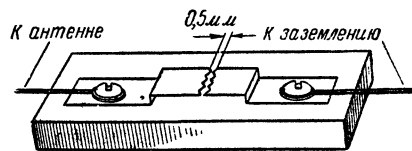


Рис. 7.

провода к заземлителю осуществляется сваркой или пайкой.

При устройстве заземления в очень сухих песчаных и каменных грунтах при низком уровне грунтовых вод рекомендуется для повышения проводимости заземления окружать его размельченным древесным углем, коксом или другими веществами, впитывающими влагу. Вместо угля можно применять поваренную соль, но соли требуется большое количество (30—40 кг на один заземлитель), а возобновлять обработку нужно каждые 2 года.

При отсутствии переключателя для защиты от грозовых разрядов и электростатических зарядов, возникающих на антенне, можно использовать простейший грозоразрядник, например две металлические гребенки, расположенные напротив друг друга с зазором 0,5 мм (рис. 7). Можно применить также газовые разрядники, предназначенные для защиты телефонных и телеграфных линий.

## НУЖНО ЛИ ЗАЗЕМЛЯТЬ «ЗАЗЕМЛЕНИЕ»<sup>1</sup>

Почти у каждого приемника есть гнездо или зажим, отмеченный словом «Земля».

Насколько необходимо заземление приемника?

От качества заземления в значительной мере зависит количество энергии, которое антенна может передать приемнику. Этим объясняется то внимание, которое уделялось устройству заземления для детекторных приемников, где единственным источником используемой энергии является антенна. Для ламповых приемников, обладающих возможностью огромного усиления принятых сигналов, эффективность антенн перестала играть сколько-нибудь существенную роль. Они часто вообще не имеют наружной антенны и хорошо работают от небольшого куска провода, протянутого в комнате. Но принцип работы антенны от этого не изменился: она образует открытый колебательный контур, который обязательно должен содержать емкость. А такая емкость существует и без специального заземления — это емкость между проводом ан-

тенны и шасси приемника, батареей питания или осветительной сетью, с которой сетевой приемник связан через трансформатор питания.

Присоединение хорошего заземления всегда улучшает работу антенной цепи. Поэтому при дальнейшем приеме на малочувствительный ламповый приемник хорошее заземление значительно улучшает прием.

В отдельных случаях присоединение заземления может помочь уменьшению фона и помех на выходе приемника.

Однако для некоторых сетевых приемников присоединение заземления категорически запрещается. Это у тех, которые вместо трансформатора питания имеют автотрансформатор. У этих приемников шасси соединено непосредственно с одним из проводов электросети, которая сама в большинстве случаев бывает заземлена. Если окажется, что шасси соединено как раз с незаземленным проводом сети, то присоединение внешнего заземления приведет к короткому замыканию. По этой же причине до шасси таких приемников нельзя дотрагиваться рукой — оно оказывается под напряжением земли и прикосновение к нему опасно.

<sup>1</sup> Кубаркин Л. В. и Левитин Е. А., Занимательная радиотехника, Госэнергоиздат, 1956 (Массовая радиобиблиотека).

# МАГНИТНЫЕ АНТЕННЫ <sup>1</sup>

В промышленных и любительских радиоприемниках, особенно в миниатюрных и переносных, для приема на длинных и средних волнах применяют *магнитные (ферритовые) антенны*. Такая антенна представляет собой стержень прямоугольного или круглого сечения из материала с большой магнитной проницаемостью (феррита), на который надета небольшая катушка (см. рисунок). Иногда катушка делается в виде нескольких секций на разные участки диапазона принимаемых волн.

Феррит сильно намагничивается под действием даже очень слабого электрического магнитного поля проходящих радиоволн, а потери энергии в нем гораздо меньше, чем во многих других магнитных материалах. Благодаря этим свойствам феррита даже при небольших размерах катушки магнитной антенны в ней под дейст-

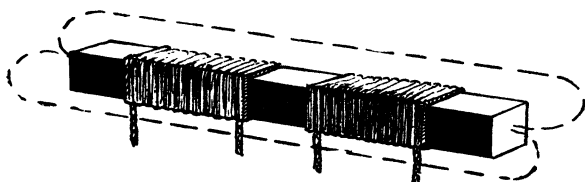
вием радиоволн возникает э. д. с. Почти такая же э. д. с., как в катушке входного контура приемника при приеме на комнатную антенну малых размеров.

Сердечник магнитной антенны в большинстве случаев имеет длину от 6 до 20 см.

Число витков катушки бывает порядка 60—100 для приема на средних волнах и 200—400 для длинных волн. Чтобы получить наиболее громкий прием на магнитную антенну, надо расположить ее так, чтобы ось сердечника была перпендикулярна направлению на передающую радиостанцию. При этом плоскость витков катушки будет направлена на радиостанцию.

Отметим, что магнитная антенна значительно слабее воспринимает промышленные помехи. Другими словами, в местах, где действуют промышленные помехи, прием на магнитную антенну будет значительно чище, чем на обычные любительские антенны.

Обычно магнитную антенну монтируют внутри самого приемника. Для использования ее направленных свойств миниатюрные приемники поворачивают до получения наиболее громкой слышимости. В больших приемниках магнитную антенну вращают специальной ручкой.



## ЛИТЕРАТУРА

Загик С. Е. и Капчинский Л. М., Приемные телевизионные антенны, изд. 3-е, переработ. и доп., Госэнергоиздат, 1962 (Массовая радиобиблиотека).

Описываются различные типы наружных и комнатных антенн для приема телевизионных передач. Даны практические рекомендации по выбору антенны для различных условий приема, а также по их изготовлению и установке. Описываемые антенны могут быть использованы также для радиолучательской связи на УКВ.

Книга сельского радиолучателя, Изд-во ДОСААФ, 1961.

Устройству антенны и заземления посвящена гл. 9 книги.

Костыков Ю. В. и Ермолаев Л. Н., Первая книга радиолучателя, Воениздат, 1961.

В гл. 7 книги рассмотрены типы антенн и их свойства, рассказано об устройстве антенны и заземления.

Климовский Ч., Албука радиолучателя, пер. с польск., Связьиздат, 1962.

В этой книге для начинающих радиолучателей довольно много материала об антеннах.

Шейко В. П., Антенны любительских радиостанций, Изд-во ДОСААФ, 1962.

Популярное изложение основ антенной техники и описание современных антенно-фидерных устройств, применяемых в радиолучательской практике.

Жеревцов И. П., Радиотехника, изд. 5-е, переработ. и доп., Связьиздат, 1963.

Глава 4 книги посвящена антенным устройствам и распространению радиоволн.

Хомич В. И., Приемные ферритовые антенны, изд. 2-е, переработ. и доп., Госэнергоиздат, 1963 (Массовая радиобиблиотека).

В брошюре изложены принципы расчета и конструирования приемных магнитных антенн, в том числе для портативных приемников и телевизоров. Описана методика измерения их параметров.

Исюмов Н. М. и Линде Д. П., Основы радиотехники, изд. 2-е, переработ. и доп., изд-во «Энергия», 1965 (Массовая радиобиблиотека).

Книга содержит много материала об антеннах и распространении радиоволн.

<sup>1</sup> По разным источникам.





# ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛАМПЫ И ТРАНЗИСТОРЫ

## ЭЛЕКТРОННАЯ ЛАМПА <sup>1</sup>

Это название прекрасно подчеркивает основную черту радиолампы как прибора, работа которого построена на использовании движения электронов. В чем же заключается участие электронов в работе радиолампы?

В металлах имеется много полусвободных, т. е. слабо связанных с атомами, электронов. Эти электроны находятся в постоянном движении, точно так же как находятся в постоянном движении и все частицы вещества — атомы и молекулы.

Движения электронов хаотичны; для иллюстрации такого движения обычно приводят в качестве примера рой комаров в воздухе.

Но если электроны летают в металле в различных направлениях, да еще с громадными скоростями (до 100 км/сек), то они, вероятно, вылетают и за пределы тела.

На самом деле этого не происходит. Те скорости, которыми электроны обладают в нормальных условиях, недостаточны для их вылета из металла во внешнее пространство. Для этого нужны гораздо большие скорости.

**Электронная эмиссия.** Каким же способом можно увеличить скорость движения электронов? Если нагревать металл, то скорость движения электронов возрастет и может достичь

предела, когда электроны начнут вылетать в пространство (рис. 1). Например, для чистого вольфрама, из которого делают нити накала радиоламп, она равна 1 270 км/сек. Такой скорости электроны достигают при нагреве вольфрама до 2 000° и выше (здесь и дальше температура указана в градусах Кельвина).

Испускание нагретым металлом электронов называется *термоэлектронной эмиссией*. Ее можно уподобить испарению жидкостей. При низких температурах испарения не происходит или оно очень мало. С повышением температуры испарение увеличивается. Бурное испарение начинается по достижении точки кипения.

Для получения термоэлектронной эмиссии металл надо нагреть. Удобнее всего нагревать его электрическим током. В электронных лампах нагреваемому металлу придают вид тонких нитей, накаливаемых электрическим током. Нити эти называются *нитей накала*, а нагревающий их ток — *током накала*.

Мы упоминали о том, что для получения эмиссии надо нагреть металл до очень высокой температуры — примерно до 2 000° и даже выше. Такую температуру выдерживает далеко не каждый металл; большинство металлов при такой высокой температуре плавится. Поэтому нити накала можно делать только из очень тугоплавких металлов; обычно их делают из вольфрама.

<sup>1</sup> По разным источникам.



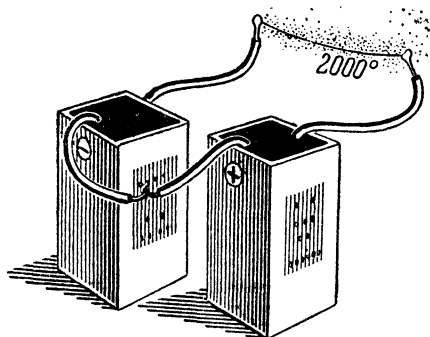


Рис. 1. При температуре  $2\,000^{\circ}\text{K}$  вольфрамовая нить испускает электроны.

В первых образцах электронных ламп применялись чисто вольфрамовые нити накала. При температуре, нужной для получения эмиссии, вольфрамовые нити накаливались до белого свечения, отчего и произошло, между прочим, название «лампа». Однако такая «иллюминация» обходится очень дорого. Чтобы накалить нить лампы до белого каления, нужен сильный ток. Маленькие приемные лампы с чисто вольфрамовой нитью накала потребляли ток накала в пол-ампера.

Но скоро был найден путь уменьшения тока накала. Исследования показали, что если покрыть вольфрам некоторыми другими металлами или их окислами, то вылет электронов облегчается. Для вылета требуются меньшие скорости, следовательно, требуется и меньший нагрев нити, значит, такая нить будет потреблять меньший ток накала. Современные оксидированные нити накала работают при температуре около  $700\text{--}900^{\circ}\text{C}$ , т. е. при мало заметном оранжево-красном накале. В связи с этим удалось снизить ток накала примерно в 10—20 раз. Современный десятиламповый батарейный приемник потребляет примерно такой же ток накала, как приемник с одной лампой старого образца.

Процесс покрытия нитей накала облегчающими эмиссию составами называется *активированием*, а сами нити носят название *активированных*. Такие нити накала хороши во всех отношениях, кроме одного: они боятся перекала, т. е. повышенного нагрева.

Если активированную нить перекаливать, то нанесенный на нее слой активирующего вещества улетучится; вследствие этого нить потеряет способность испускать электроны при низкой температуре. Про такую лампу говорят, что она «потеряла эмиссию». Нить накала такой лампы цела, лампа «горит», но не работает. Об этом следует помнить и никогда не допускать, чтобы напряжение накала лампы превосходило нормальную величину.

Потерявшую эмиссию лампу можно было бы заставить работать, доведя накал ее нити до белого свечения. Но нити современных ламп делаются очень тонкими, и так как при белом калении металл нити довольно быстро расплывается, то нити скоро перегорают.

**Катоды.** Нить накала является в электронных лампах излучателем электронов. В практических схемах нити накала всегда соединяют с отрицательным полюсом (минусом) основного источника питания, почему они и называются *катодами*.

Однако раскаленная нить не всегда служит непосредственным излучателем электронов. Иногда она используется только в качестве источника тепла, с помощью которого разогревается другое металлическое тело, являющееся источником нужных для работы лампы электронов. Иначе говоря, функции подогрева и излучения электронов не всегда бывают объединены, т. е. нить накала не всегда бывает катодом.

Так, например, если катод выполнен в виде тонкой нити, ее удобно питать постоянным током от гальванических элементов или от аккумулятора, так как для ее накала требуется небольшой ток. Но для питания переменным током тонкие нити накала не годятся.

Для нормальной работы электронных приборов надо, чтобы катод все время излучал одинаковое количество электронов. Для этого его температура должна поддерживаться строго постоянной. При питании нити от батарей или аккумуляторов это условие выполняется. Но при питании нити переменным током оно уже не может быть соблюдено. Переменный ток 100 раз в секунду (дважды в течение каждого периода) достигает наибольшей величины и столько же раз уменьшается до нуля. Очевидно, что и температура нити накала будет испытывать колебания в соответствии с изменениями величины тока, а вместе с тем будет изменяться и количество излучаемых электронов.

Правда, вследствие тепловой инерции нить не успеет полностью охладиться в те мгновения, когда ток переходит через нулевое значение, но все же колебания ее температуры и величины электронной эмиссии оказываются очень заметными. Это обстоятельство не позволяло раньше пользоваться таким удобным источником тока, как осветительная сеть, для питания электронных ламп. Решение этого вопроса дала реализация предложения нашего ученого А. А. Чернышева об устройстве подогревного катода.

В настоящее время такие катоды применяют во всем мире. Большая часть электронных приборов всех типов предназначена для питания от сети переменного тока и имеет подогревные катоды.

В подогревном катоде нить накала не является источником излучения электронов. Непосредственный излучатель электронов лишь подогревается ею. Отсюда и произошло название «подогревный» катод. Масса излучателя делается достаточно большой, для того чтобы он не успевал охладиться во время уменьшения величины подогревающего тока.

Такие катоды не могут давать эмиссию немедленно после включения тока накала. Их разогрев занимает примерно от 15 до 30 сек.

Конструкции подогревных катодов бывают различными, но принцип их устройства в общем одинаков. В современных конструкциях лампы нить подогревателя обматывают составом, который после соответствующей обработки затвердевает, покрывая подогреватель теплостойкой оболочкой, обладающей достаточно хорошими изоляционными свойствами при высокой температуре. На подогреватель надевается цилиндр из никеля, покрытый снаружи слоем оксида, являющийся собственно излучателем электронов — катодом. У таких катодов имеются три вывода — два от концов подогревающей нити и один от излучателя. Первые два обычно называются выводами нити накала, а третий — выводом катода.

Цилиндрическая форма подогревного катода наиболее распространена, но не является единственной. В электронно-лучевых трубках, с которыми мы встретимся позже, применяют катод в форме стаканчика, дно которого снаружи покрыто оксидом.

Если излучателем электронов является сама нить накала, то такой катод называют катодом *прямого накала*; если же нить только подогревает излучатель, то подобное устройство называют катодом *косвенного подогрева* или *косвенного накала*.

**Вакуум.** Каждый, кто видел электронную лампу, знает, что она заключена в стеклянный или металлический баллон, из которого выкачан воздух. Внутри баллона воздух чрезвычайно разрежен. Давление воздуха на поверхности земли равно примерно 760 мм рт. ст., а давление воздуха внутри баллона электронной лампы составляет всего лишь около  $10^{-7}$  мм рт. ст. и даже меньше, т. е. примерно в 10 млрд. раз меньше (рис. 2). Такую степень разреженности называют высоким *вакуумом* (вакуум по-русски значит пустота).

Для чего нужен вакуум в электронной лампе?

Во-первых, он нужен для сохранения нити накала. Если бы нить накала, нагретая почти до тысячи градусов, находилась в воздухе, то она бы очень скоро перегорела. Нагретые тела быстро окисляются кислородом воздуха.

Во-вторых, вакуум нужен для беспрепятственного движения вылетающих из нити электронов. Надо, чтобы они не встречали на своем пути никаких препятствий. Воздух же является таким препятствием.

Молекулы газов, входящих в состав воздуха, в несметном количестве окружают нить накала и препятствуют полету электронов. Для того чтобы уменьшить возможность столкновения электронов с частицами газов, воздух внутри баллона разрежают.

Особую роль в создании вакуума играют так называемые «геттеры», или *поглотители*. Дело в том, что при производстве лампы невозможно довести вакуум в них до требуемой степени при помощи насосов. Таким путем производят разрежение воздуха в лампе до одной тысячной или сотой миллиметра ртутного столба. А для достижения более высокого разрежения в лампе распыляют вещество, которое обладает способностью жадно поглощать газы. Таким свойством обладают, например, металлы: магний, барий и некоторые соединения.

Чтобы распылить геттер в лампе со стеклянной оболочкой, к ней подносят катушку, питаемую током высокой частоты. Укрепленная на никелевой пластинке внутри лампы таблетка геттера раскаляется и испаряется. Пары ее оседают на стекле и образуют тот серебристый (при магниевом геттере) или темно-металлический налет (при геттере из бария), который мы видим у большинства стеклянных электронных ламп.

В среде столь разреженного газа электроны распространяются практически беспрепятственно. Не больше чем один электрон из миллиона встречает на своем пути молекулу газа.



Рис. 2. Давление воздуха внутри баллона радиолампы примерно в  $10^7$  раз меньше атмосферного.

## ДИОДЫ <sup>1</sup>

Простейшей электронной лампой является диод. Слово «диод», основой которого служит

греческий корень «ди» — два, означает, что в этой лампе имеются два электрода (рис. 1).

Первый из этих электродов — *катод*, служащий для получения потока электронов. Вто-

<sup>1</sup> Левитин Е. А., Электронные лампы, Госэнергоиздат, 1960 (Массовая радиобиблиотека).

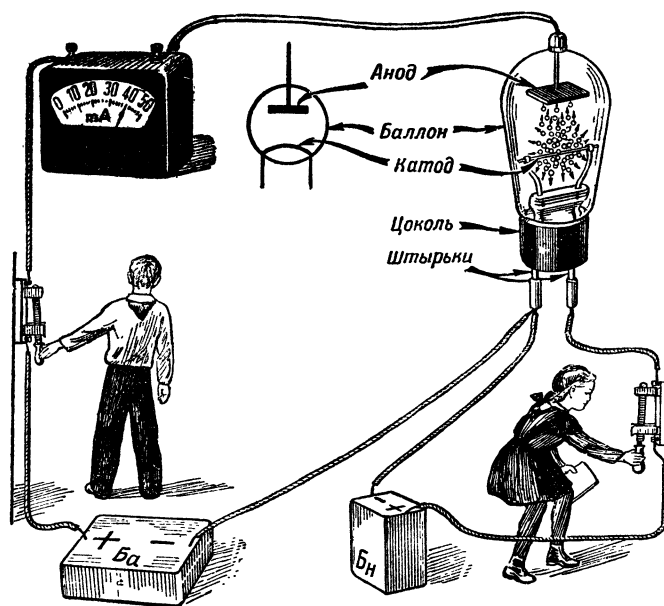


Рис. 1.

рым электродом является металлическая пластинка — *анод*. Таким образом, диод — двух-электродная электронная лампа — представляет собой стеклянный или металлический баллон, из которого выкачан воздух и внутри которого находятся катод и анод. От этих электродов сквозь стенки баллона проходят выводы. Если баллон стеклянный, то выводы впаяются в стекло. Если же баллон металлический, то выводы выходят через стеклянные бусинки, впаянные в металл. От анода делают один вывод. В случае катода прямого накала выводы делают от концов нити. Если катод подогревный, то делают два вывода от подогревающей нити и один от собственного катода.

Внутри баллона лампы создают высокий вакуум. Если катод нагреть до нужной температуры, то начнется электронная эмиссия и электроны образуют вокруг катода своего рода электронное облачко. Образование этого облачка объясняется тем, что электроны, вылетающие из катода, испытывают отталкивающее действие со стороны ранее вылетевших электронов, поэтому они не могут отлететь на значительное расстояние от катода. Часть электронов, имеющих наименьшие скорости, падает обратно на катод. Однако электронное облачко стабилизируется: на катод падает столько же электронов, сколько из него вылетает. Облачко представляет собой запас свободных электронов в вакууме.

Второй электрод — *анод* — предназначается для использования электронов, вылетающих из катода, и для управления ими. С этой целью к

катоду и аноду лампы подводится электрическое напряжение, например от батареи.

Это напряжение можно подвести к лампе двумя способами: минус источника напряжения — к катоду и плюс — к аноду, или наоборот. Если присоединить плюс источника напряжения к катоду, а минус — к аноду, то электроны, вылетающие из катода и сконцентрированные в окружающем его электронном облачке, не будут использованы. Отрицательно заряженный анод будет отталкивать электроны.

Иначе будет обстоять дело тогда, когда мы присоединим плюс источника напряжения к аноду, а минус — к катоду и одновременно в цепь батареи включим миллиамперметр. При таком присоединении миллиамперметр отметит прохождение тока. По цепи: батарея — катод лампы — пространство между катодом и анодом лампы — миллиамперметр — батарея будут двигаться электроны. Ток в цепи возникает тогда, когда плюс батареи присоединен к аноду, а минус — к катоду. Этим и объясняется название второго электрода лампы: «анод» (в электротехнике анодом принято называть электрод, соединенный с положительным полюсом источника тока, а катодом — электрод, соединенный с отрицательным полюсом). В соответствии с этим текущий через лампу ток, образованный потоком электронов, несущихся от катода к аноду, называют *анодным током*. Анодный ток обозначается обычно символом  $I_a$ , а напряжение на аноде — символом  $U_a$ . В отличие от него напряжение накала лампы обозначается символом  $U_n$ .

Чем же определяется величина  $I_a$ ?

Чтобы ответить на этот вопрос, произведем такой опыт. Раскалим катод до нужной температуры и будем подавать на анод положительное напряжение, начиная с самого небольшого и постепенно увеличивая его. При каждом изменении анодного напряжения будем по миллиамперметру отмечать величину тока в цепи. Если мы затем по записанным отсчетам построим график, откладывая по горизонтальной оси величины напряжения на аноде, а по вертикальной соответствующие величины анодного тока, то получим кривую, подобную изображенной на рис. 2.

При отсутствии анодного напряжения, т. е. при  $U_a = 0$ , электроны к аноду не притягиваются, анодный ток равен нулю ( $I_a = 0$ ). Анодный ток возникает после того, как на анод подано положительное напряжение. По мере его увеличения анодный ток будет возрастать, причем рост его до точки *А* вначале идет медленно, а затем быстрее. Такое быстрое возрастание тока продолжается, пока он не достигнет некоторого значения, соответствующего точке *Б*. При даль-

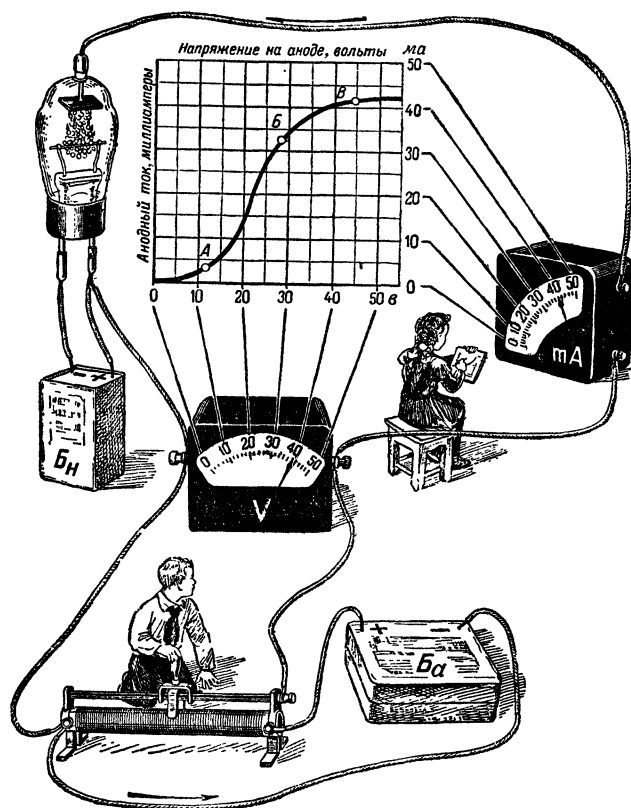


Рис. 2.

нейшем повышении анодного напряжения рост анодного тока замедляется. Наконец, в точке *В* он достигнет наибольшей величины. Дальнейшее повышение анодного напряжения уже не сопровождается увеличением анодного тока <sup>1</sup>.

Кривая, показывающая зависимость величины анодного тока двухэлектродной лампы от напряжения на ее аноде, называют *вольт-амперной характеристикой диода*.

Чем же объясняется такая форма характеристики диода?

При отсутствии напряжения на аноде все излучаемые катодом электроны скапливаются вокруг него, образуя электронное облачко. При появлении на аноде небольшого положительного напряжения некоторые электроны, обладающие большей скоростью, чем остальные, начинают отрываться от облачка и устремляются к аноду, создавая небольшой анодный ток. По мере увеличения анодного напряжения все большее количество электронов будет отрываться от об-

лачка и притягиваться анодом. Наконец, при достаточно большом напряжении на аноде все электроны, окружающие катод, будут притянуты, электронное облачко совершенно «рассосется». Это соответствует точке *В* на характеристике лампы. При таком анодном напряжении все вылетающие из катода электроны будут немедленно притягиваться анодом. Дальнейшее увеличение анодного тока при данной величине накала невозможно. Для этого нужны дополнительные электроны, а их взять негде, вся эмиссия катода исчерпана.

Анодный ток такой величины, какая устанавливается при полном использовании всей эмиссии катода, называется *током насыщения* <sup>1</sup>. Увеличить ток насыщения можно только одним способом — повысить накал катода, но этот способ не применяется, потому что он сокращает срок службы катода.

До сих пор мы говорили об аноде как о металлической пластинке. В практических конструкциях диодов анод обычно имеет форму цилиндра или коробки без двух стенок (часто с закругленными углами — рис. 3), окружающей катод. В последнем случае нить имеет вид латинской буквы *V* или *W*.

При таких конструкциях анодов все излучаемые катодами электроны с одинаковой силой притягиваются анодами.

Для уменьшения нагрева анода его часто снабжают ребрами или крылышками, которые способствуют лучшему отводу от него тепла.

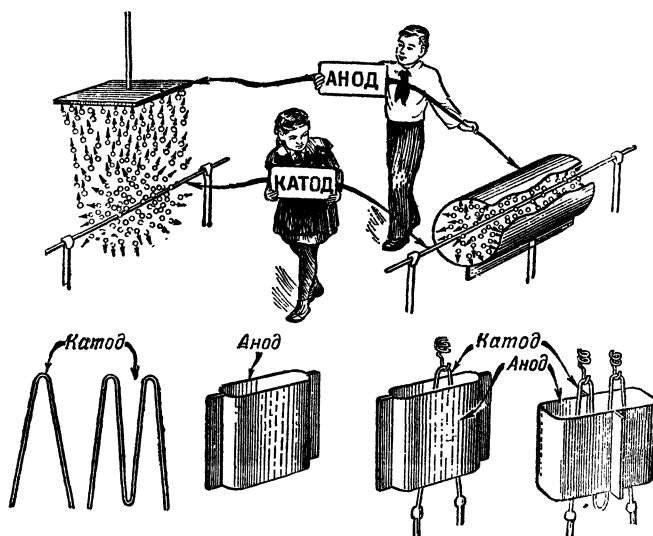


Рис. 3.

<sup>1</sup> У диода с активированным (оксидным) катодом не наблюдается замедления роста анодного тока. Однако при анодном токе, превышающем некоторую предельную величину, катод разрушается. (Прим. ред.)

<sup>1</sup> Лампы с оксидированным катодом не имеют тока насыщения. (Прим. ред.)

## ТРИОДЫ<sup>1</sup>

Электронные лампы приобрели свои исключительно ценные свойства лишь после того, как в диод был введен третий электрод — *сетка*. Это открыло перед электронной лампой огромные возможности. Сетка помещается между катодом и анодом.

Название «сетка» объясняется тем, что в первых конструкциях лампы она действительно представляла собой сетку или решетку (рис. 1 и 2). В дальнейшем сетку начали делать в виде провололочной спирали, окружающей катод, но первоначальное название «сетка» удержалось за этим электродом до настоящего времени.

Какую же роль выполняет сетка?

Работа триода, как всякой электронной лампы, основана на существовании электронного потока между катодом и анодом. Сетка находится между этими электродами, поэтому электроны, устремляющиеся от катода к аноду, встречают ее на своем пути и сетка управляет количеством электронов, летящих к аноду.

Разумеется, сетку нельзя рассматривать как механическое препятствие для электронов. Промежутки между витками сетки, как бы густа она ни была, всегда будут огромны по сравнению с размерами электронов. Если, например, представить себе электрон в виде футбольного мяча, то расстояния между витками сетки в том же масштабе будут равны расстояниям между планетами нашей вселенной.

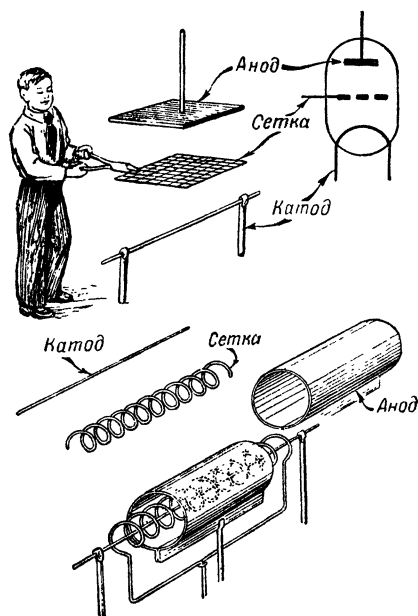


Рис. 1.

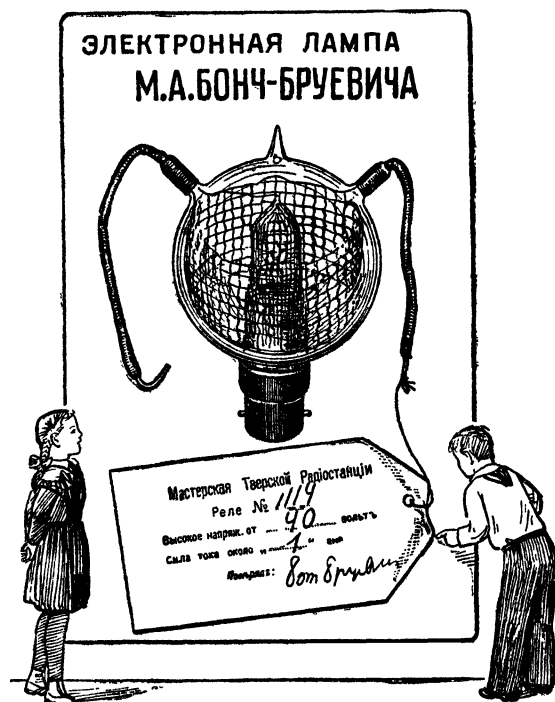


Рис. 2.

Сетка, как и другие электроды, имеет вывод наружу. Посмотрим, изменится ли что-либо в работе лампы, если вывод сетки присоединить к катоду (рис. 3). При таком соединении сетка приобретает потенциал катода. Между сеткой и катодом не будет никакого электрического поля, поэтому витки сетки окажут очень слабое действие на электроны, летящие от катода к аноду. Возможно, что отдельные электроны, столкнувшиеся с витками сетки, застрянут на них. Но в этом случае сетка зарядится отрицательно по отношению к катоду, и излишние электроны немедленно стекут с нее на катод по соединительному проводнику, выравнивая таким образом потенциалы сетки и катода.

Положение резко изменится, если сообщить сетке какой-либо потенциал относительно катода. Осуществить это можно, включив, например, между катодом и сеткой батарею.

Если батарея окажется включенной так, что сетка зарядится отрицательно (рис. 4), то последняя начнет отталкивать электроны обратно к катоду. Если в анодную цепь лампы включен измерительный прибор, то он зарегистрирует уменьшение анодного тока. Прорываться к аноду сквозь сетку смогут лишь те электроны, которые обладают достаточно большой скоростью.

При значительном отрицательном потенциале сетки даже те электроны, которые обладают наи-

<sup>1</sup> Левитин, Е. А., Электронные лампы, Госэнергоиздат, 1960 (Массовая радиобиблиотека).

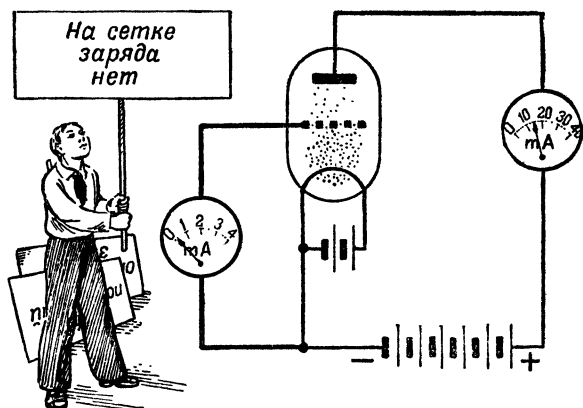


Рис. 3.

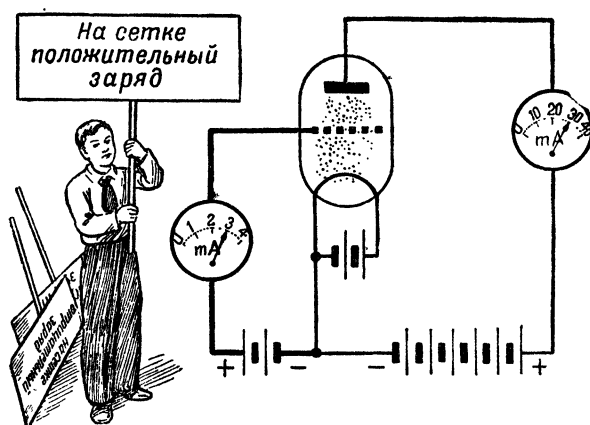


Рис. 5.

большей скоростью, не смогут преодолеть ее отталкивающее действие. Анодный ток прекратится. Лампа, как говорят, будет заперта. Если батарею (которую мы назовем сеточной) присоединить так, чтобы сетка была заряжена положительно относительно катода (рис. 5), то возникшее между катодом и сеткой электрическое поле станет ускорять движение электронов. В этом случае прибор в цепи анода покажет увеличение анодного тока. Теперь смогут достигать анода и те электроны, которые при вылете из катода обладали малой скоростью и без помощи сетки не смогли бы преодолеть путь до анода.

Чем выше положительный потенциал сетки, тем больше она способствует увеличению скорости электронов, излучаемых катодом. В соответствии с этим возрастает и анодный ток. При этом, разумеется, некоторая часть электронов притягивается и к сетке, но при правильной конструкции лампы количество этих электронов невелико по сравнению с общей эмиссией катода. Подавляющее число электронов вследствие притяжения сеткой получает столь большое ускорение, что они проскакивают через промежутки между ее витками и устремляются к аноду, при-

тяжение которого еще больше ускоряет их. Лишь те электроны, которые на своем пути сталкиваются непосредственно с витками сетки или оказываются в непосредственной близости от них, притянутся к сетке и создадут в ее цепи ток, получивший название *сеточного тока*.

В дальнейшем разность потенциалов между сеткой и катодом будем называть *напряжением на сетке*. Если потенциал сетки положителен по отношению к катоду, это напряжение тоже считается положительным, а если потенциал сетки по отношению к катоду отрицателен, то и напряжение на сетке имеет отрицательный знак. По мере увеличения положительного напряжения на сетке количество притягиваемых ею электронов увеличивается и при большом напряжении сеточный ток может стать очень большим.

Процессы, происходящие в цепях анода и сетки трехэлектродной лампы, можно наглядно показать при помощи графика (рис. 6). По горизонтальной оси графика откладывают напряжение на сетке в вольтах, а по вертикальной — величину анодного тока в миллиамперах. Точка пересечения осей, т. е. начало координат, соответствует нулевому потенциалу сетки. Вправо от нее откладывается положительное напряжение на сетке, влево — отрицательное.

Для получения данных, нужных для построения графика, соберем схему, которая даст возможность изменять по желанию напряжение на сетке при неизменном напряжении на аноде и, разумеется, при неизменном напряжении накала. Отложив на графике величины анодного тока, соответствующие различным значениям напряжения на сетке, в виде кривой, мы получим так называемую *анодно-сеточную*, или *входную*, *характеристику триода*, показывающую зависимость анодного тока лампы от величины и знака напряжения на сетке.

При некотором отрицательном напряжении на сетке анодный ток прекращается — стано-

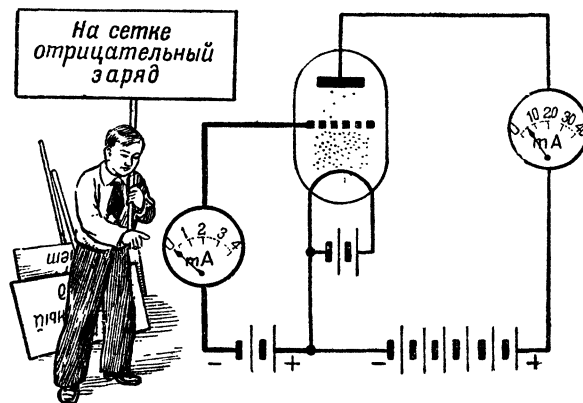


Рис. 4.



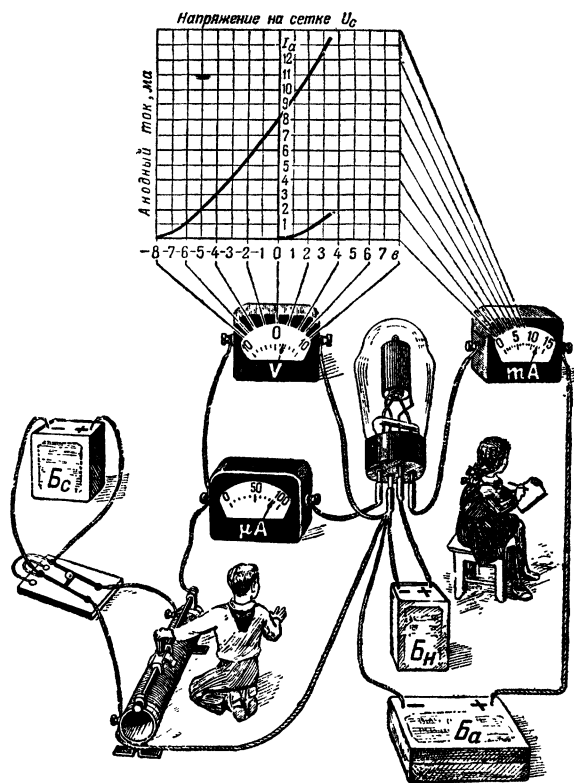


Рис. 6.

вится равным нулю. Эта точка считается началом характеристики, так как достаточно самого малого уменьшения отрицательного напряжения на сетке, чтобы анодный ток возник. На приведенном для иллюстрации графике этой точке соответствует напряжение на сетке, равное 8 в.

На графике внизу изображена и характеристика сеточного тока. Он начинается примерно при нулевом напряжении сетки и возрастает по мере увеличения положительного напряжения на ней. Влево от нуля, в области отрицательных напряжений на сетке, ток в ее цепи отсутствует. Однако анодный ток в этой области имеется, и величина его зависит от значения отрицательного потенциала сетки. При отрицательном потенциале на сетке она управляет величиной анодного тока, не потребляя никакого тока, т. е. не потребляя энергии. Она ведет себя как электрическая заслонка, регулирующая доступ электронов к аноду лампы, но не расходующая энергии на свою работу. Это обстоятельство вместе с уже отмеченным ранее мгновенным изменением величины анодного тока при изменениях напряжения на сетке представляет замечательную особенность электронных ламп с сеткой, обеспечивающую им самые разнообразные применения.

На использовании управляющего действия сетки и основана способность лампы усиливать

подводимое к ней напряжение. Увеличивая или уменьшая отрицательное напряжение на сетке, мы тем самым заставляем анодный ток соответственно ослабляться или возрастать. Если в анодную цепь лампы включить резистор (сопротивление)  $R$  (рис. 7), то анодный ток, проходя по нему, будет создавать на нем падение напряжения. Любое увеличение или уменьшение анодного тока приведет к изменению величины падения напряжения на резисторе. Кривая, по которой изменяется анодный ток, имеет такую же форму, как и переменное напряжение на сетке; поэтому и форма изменения напряжения на резисторе будет такой же. Однако при этом изменения напряжения на резисторе будут во много раз больше по величине, потому что малые изменения напряжения на сетке создают большие изменения величины анодного тока даже при условии, что резистор в анодной цепи лампы имеет достаточно большое сопротивление.

Колебания напряжения на резисторе будут представлять собой как бы увеличенную фотографию колебаний напряжения на сетке.

Наклон характеристики у различных ламп неодинаков. У одних характеристика идет круче, у других — более полого. Чем круче поднимается характеристика, тем сильнее будут сказываться изменения сеточного напряжения на величине анодного тока и, следовательно, тем больше будет усиление лампы.

Из этого можно сделать вывод, что чем круче характеристика лампы, тем большими усиительными способностями она обладает. У нас выпускались раньше и выпускаются в последнее время разные типы триодов. Широко применялись триоды 6С5С и 6С4С; теперь выпускаются триоды 6С1П, 6С2П, 6С3П, 6С3Б, 6С6Б, 6С7Б и др.

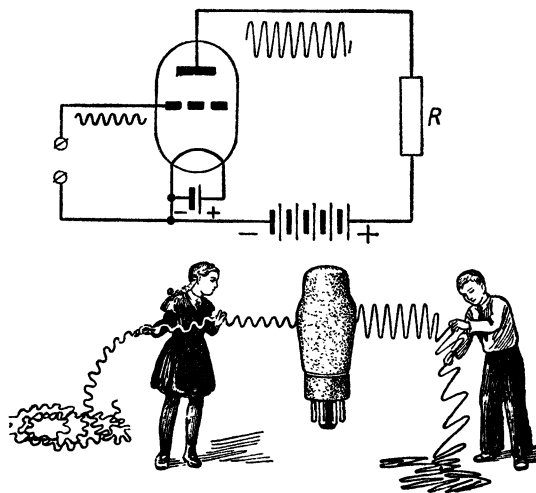


Рис. 7.

## ПАРАМЕТРЫ ТРИОДОВ <sup>1</sup>

Для оценки ламп и для их сравнения пользуются специальными числовыми показателями, носящими название *параметров*.

То свойство лампы, о котором мы только что говорили, называется *крутизной характеристики* или просто *крутизой*. Этот параметр показывает, насколько круто поднимается анодно-сеточная характеристика лампы, т. е. насколько резко изменяется величина анодного тока при изменениях напряжения на сетке.

Крутизна характеристики обозначается буквой *S* и выражается в миллиамперах на вольт (*ма/в*). Физически крутизна характеристики показывает, на сколько миллиампер изменяется анодный ток лампы при изменении напряжения на ее сетке на 1 в. Для определения графическим способом крутизны характеристики надо построить на ней прямоугольный треугольник, гипотенузой которого служит исследуемый участок характеристики, а катетами — линии, параллельные горизонтальной и вертикальной осям графика (рис. 1).

В таком треугольнике горизонтальный катет показывает величину изменения напряжения на сетке, а вертикальный — соответствующее изменение величины анодного тока лампы. Обозначим анодный ток символом  $I_a$ , а напряжение на сетке — символом  $U_c$ . Как принято в физике и технике, греческая буква  $\Delta$  — дельта, стоящая перед обозначением какой-нибудь физической величины, обозначает небольшое увеличение, называемое приращением этой величины.

На нашем рисунке вертикальный катет определяет величину приращения анодного тока, т. е.  $\Delta I_a$ , а горизонтальный катет — соответственно  $\Delta U_c$ . Взяв отношение  $\Delta I_a / \Delta U_c$ , т. е.

приращение анодного тока (миллиамперы)  
приращение напряжения на сетке (вольты),

мы получим значение крутизны характеристики (*ма/в*). Если, например, изменение напряжения на сетке на 2 в приводит к изменению анодного тока на 3 *ма*, то крутизна характеристики

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_c} = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ ма/в.}$$

Если бы характеристика лампы представляла собой прямую линию, то крутизна, измеренная в разных ее точках, была бы одинаковой. В действительности же начальная (нижняя) часть характеристики более пологая, чем остальная. Обычно лампа ставится в такие условия работы или, как часто говорят, в такой режим, при котором ее анодный ток изменяется в процессе работы только в пределах прямолинейной части характеристики. Поэтому, как правило, крутизну характеристики определяют именно для прямолинейного участка.

Крутизна характеристики зависит от конструкции лампы: крутизна тем больше, чем ближе сетка к катоду и чем больше эмиссия катода.

Характеристика, которую мы рассмотрели, получена при анодном напряжении  $U_a = 100$  в. Если снять характеристику при более высоком анодном напряжении, например при 150 в, то она расположится на графике выше первой, потому что увеличение анодного напряжения приводит к возрастанию анодного тока.

Характеристики одной и той же лампы, снятые при разных анодных напряжениях, идут почти параллельно друг к другу, причем характеристики, снятые при более высоком анодном напряжении, располагаются выше и левее, а снятые при более низком — ниже и правее.

Ряд характеристик, снятых при разных анодных напряжениях, называют *семейством характеристик*.

Из характеристик видно, что есть две возможности влиять на величину анодного тока триода: изменяя напряжение либо на его аноде, либо на сетке. При этом для одинаковых изменений анодного тока нужны неодинаковые изменения анодного или сеточного напряжения.

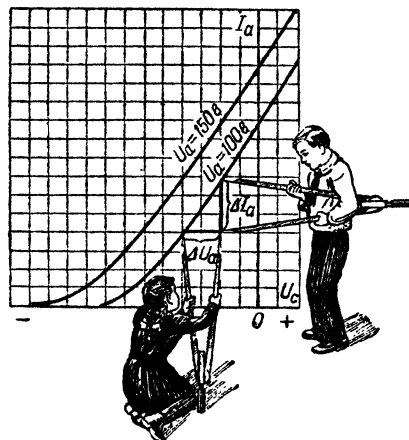


Рис. 1.

Чтобы уяснить себе связь между этими величинами, сделаем такое построение. Проведем мысленно через семейство характеристик лампы (рис. 2) вертикальную прямую *ab*, соответствующую отрицательному напряжению на сетке —4 в. Точки *в*, *г* и *д*, в которых эта прямая пересечет характеристики, будут указывать величину анодного тока при одном и том же напряжении на сетке, но при разных анодных напряжениях.

Увеличение напряжения на аноде и на сетке, как мы знаем, приводит к увеличению анодного тока. Но анод расположен дальше от катода, чем сетка, поэтому он притягивает электроны слабее. Для увеличения анодного тока на одну и ту же величину требуется гораздо меньшее изменение напряжения на сетке, чем на аноде. У лампы, характеристики которой показаны выше, изменение напряжения на сетке на 3 в (с —4 до —1 в) вызывает изменение анодного тока на 3 *ма*. Если же напряжение на сетке оставить неизменным, равным —4 в, то для того чтобы анодный ток возрос на те же 3 *ма*, потребуется повышение анодного напряжения на 60 в.

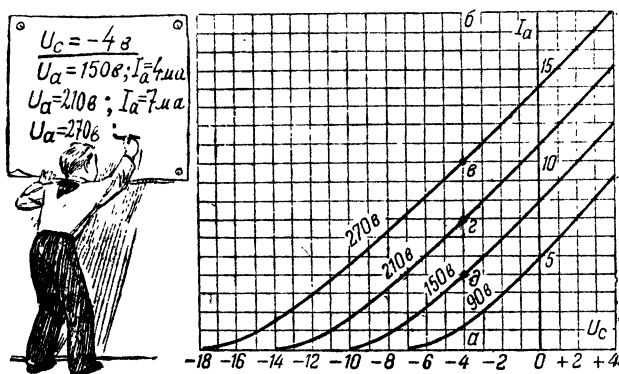


Рис. 2.

<sup>1</sup> Левитин Е. А., Электронные лампы, Госэнергоиздат, 1960 (Массовая радиобиблиотека).

(со 150 до 210 в). Если для увеличения анодного тока на 3 ма потребовалось в 20 раз большее увеличение анодного напряжения по сравнению с сеточным (анодное на 60 в, а сеточное на 3 в), то можно сказать, что действие сетки на величину анодного тока в 20 раз сильнее действия анода.

Число, показывающее, во сколько раз сетка действует на анодный ток сильнее, чем анод, называется коэффициентом усиления лампы и обозначается греческой буквой  $\mu$  (мю).

Математически это можно написать так:

$$\mu = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_c} = \frac{60}{3} = 20.$$

Чем гуще сетка, тем сильнее любое изменение ее напряжения будет воздействовать на поток электронов, летящих от катода к аноду, тем больше коэффициент усиления.

Третьим параметром лампы является ее внутреннее сопротивление. Согласно закону Ома:

$$\text{сопротивление} = \frac{\text{напряжение}}{\text{ток}},$$

или, пользуясь буквенными обозначениями,

$$R = \frac{U}{I}.$$

По этой формуле можно по анодному напряжению лампы и соответствующему этому напряжению анодному току вычислить сопротивление лампы. Но найденная величина будет сопротивлением лампы постоянному току. Электронная лампа чаще всего используется для усиления переменных напряжений. При этом надо знать, как изменится анодный ток при изменениях анодного напряжения, поскольку именно это определяет величину напряжения на резисторе анодной нагрузки.

На графике, помещенном на стр. 89, видно, что при напряжении на сетке —4 в и анодном напряжении 150 в

анодный ток равен 4 ма. При повышении анодного напряжения до 210 в анодный ток возрастает до 7 ма. Следовательно, при изменении анодного напряжения на 60 в произошло изменение анодного тока на 3 ма.

Представляет интерес именно величина, показывающая соотношение между изменениями анодного напряжения и анодного тока, называемое внутренним сопротивлением лампы:

$$\text{внутреннее сопротивление} = \frac{\text{изменение анодного напряжения}}{\text{изменение анодного тока}},$$

или

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a}.$$

Если  $\Delta I_a$  выражено в амперах, а  $\Delta U_a$  — в вольтах, то  $R_i$  будет в омах; если же  $\Delta I_a$  выразить в миллиамперах, а  $\Delta U_a$  опять в вольтах, то  $R_i$  получится в килоомах.

В нашем примере изменение анодного напряжения на 60 в сопровождалось изменением анодного тока на 3 ма, значит, внутреннее сопротивление лампы

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} = \frac{60}{3} = 20 \text{ ком.}$$

Параметры лампы — крутизна характеристики, коэффициент усиления и внутреннее сопротивление — являются исходными для расчетов аппаратуры, в которой применяются электронные лампы.

Между указанными тремя параметрами триода существует легко запоминаемая зависимость:

$$\frac{\text{крутизна характеристики} \times \text{внутреннее сопротивление}}{\text{коэффициент усиления}} = 1,$$

или

$$\frac{SR_i}{\mu} = 1.$$

Усилительное действие лампы всегда тем лучше, чем больше крутизна ее характеристики.

## ТЕТРОДЫ И ПЕНТОДЫ <sup>1</sup>

Казалось бы, при помощи трехэлектродных ламп можно получить усиление любой величины. Если недостаточно усиление, даваемое одной лампой, то можно применить две, три, пять и т. д. ламп и в конце концов получить нужное усиление. Однако возможность применения многих ламп для последовательного усиления сигнала ограничивается опасностью возникновения собственных колебаний вследствие наличия у лампы междуэлектродных емкостей. С последним фактором надо познакомиться поближе, так как междуэлектродные емкости ламп играют огромную роль в работе радиоаппаратуры.

Два любых проводника, помещенных на некотором расстоянии один от другого, обладают определенной взаимной емкостью. Она зависит от размеров проводников и расстояния между ними.

Анод и сетка лампы являются проводниками, находящимися очень близко друг от друга. Поэтому между анодом и сеткой лампы суще-

ствует емкость, носящая название междуэлектродной (рис. 1).

Любая емкость способна проводить переменный ток, притом тем лучше, чем больше ее величина и чем выше частота переменного тока. Поэтому пространство анод — сетка лампы не является для переменного тока непреодолимой преградой. Междуэлектродная емкость как бы «связывает» анодную цепь лампы с ее сеточной

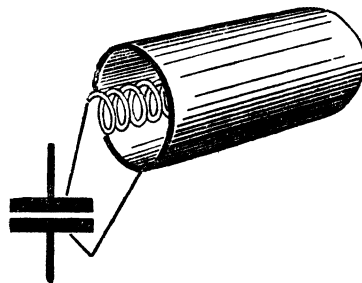


Рис. 1. Анод и сетка образуют конденсатор.

<sup>1</sup> По разным источникам.

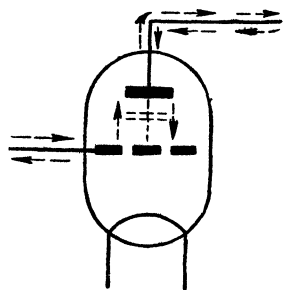


Рис. 2. Анодная и сеточная цепи лампы связаны для переменных токов через междуэлектродную емкость.

токов на передающих радиостанциях служат ламповые генераторы с обратной связью. В каждом супергетеродинном приемнике имеется гетеродин, который также представляет собой генератор с обратной связью.

Но обратная связь полезна только тогда, когда она возникает там, где это нужно, и ее величина может по желанию регулироваться. Если же обратная связь возникает самопроизвольно, то она нарушает нормальную работу радиоаппаратуры и может вызвать появление генерации колебаний, которая приводит к сильному искажению сигналов. Такая самопроизвольно возникшая неконтролируемая обратная связь называется *паразитной*.

Междуэлектродные емкости трехэлектродных ламп способствуют возникновению паразитных обратных связей. При усилении колебаний низких частот действие их незаметно, но на высоких частотах при большом усилении паразитные обратные связи приводят к возникновению собственных колебаний. Поэтому междуэлектродные емкости делают невозможным получение больших усилений. Для усилителей высокой частоты с большим усилением нужны лампы, в которых междуэлектродная емкость значительно уменьшена.

**Тетрод.** Задача эта была решена. В пространстве между управляющей сеткой лампы и ее анодом была введена дополнительная сетка, которая соединяется через конденсатор с катодом лампы. Величина междуэлектродной емкости при этом снижается в сотни и даже в тысячи раз. В качестве примера можно указать, что величина емкости анод — сетка у триодов составляет не менее 2—3 пф, а в лампах с дополнительной сеткой она снижается до 0,01 пф.

Дополнительная сетка, введенная в пространство между анодом и основной сеткой лампы, получила название *экранирующей* (экранной), а лампа с такой сеткой — *экранированной* (рис. 3). Основную сетку лампы в отличие от экранирующей

цепью (рис. 2). Переменные напряжения, действующие в анодной цепи, через междуэлектродную емкость воздействуют на сеточную цепь и создают в ней некоторое напряжение, которое вновь воздействует на анодный ток. Это явление носит название *обратной связи*. Обратная связь широко используется в радиотехнике. Для генерирования высокочастотных

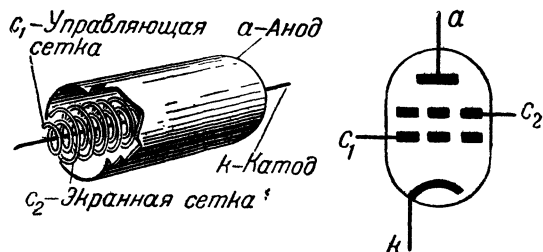


Рис. 3. Устройство тетрода и его условное обозначение на схемах.

шей называют *управляющей*, так как к ней подводится напряжение приходящего сигнала и она управляет анодным током.

Экранированная лампа состоит, таким образом, из четырех электродов: катода, управляющей сетки, экранирующей сетки и анода; поэтому она получила название *четырёхэлектродной лампы*, или *тетрода* (от греческого слова «тетра» — четыре).

Экранирующая сетка не только уменьшает паразитную емкость, но и увеличивает коэффициент усиления лампы. Если у триодов он не превышает 100, то у экранированных ламп он измеряется многими сотнями. Все это приводит к тому, что экранированная лампа может дать значительно большее усиление по сравнению с триодом и позволяет строить усилители с большим общим усилением.

Однако у экранированных ламп есть один очень крупный недостаток — склонность к так называемому *динатронному эффекту*.

Что же представляет собой динатронный эффект?

Читатель знает, что электроны в пространстве между катодом и анодом несутся с очень большой скоростью.

В результате электронной бомбардировки анода из его поверхности выбиваются электроны, получившие название *вторичных* в отличие от *первичных* электронов, создаваемых катодом (рис. 4). Вторичные электроны, выбитые из

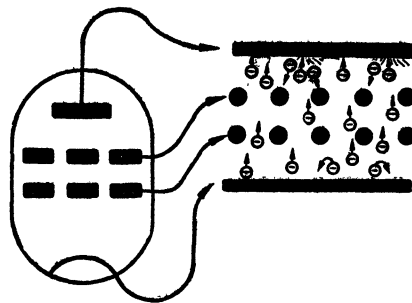


Рис. 4. Электроны, бомбардирующие анод, выбивают из него вторичные электроны.

анода, приобретают известную скорость и вследствие этого могут отлетать на некоторое расстояние от анода.

Находясь в пространстве между анодом и экранирующей сеткой, электрон будет испытывать притяжение к тому из этих электродов, напряжение которого выше. Поэтому если напряжение на экранирующей сетке будет выше, чем напряжение на аноде, то вторичные электроны будут притягиваться экранирующей сеткой. Но летящие электроны представляют собой электрический ток. Если выбитые из анода вторичные электроны летят к экранирующей сетке, то в пространстве между анодом и этой сеткой установится ток, направление которого обратно направлению основного анодного тока, вследствие чего величина общего анодного тока уменьшается.

Это явление и называют динаatronным эффектом. Оно приводит к сильному искажению и значительно ограничивает возможность использования усилительных свойств лампы.

Динаatronный эффект, как указывалось, возникает тогда, когда напряжение на аноде ниже напряжения на экранирующей сетке. При работе лампы это может иметь место. Хотя на экранирующую сетку обычно подается несколько меньшее постоянное напряжение, чем на анод, мгновенное значение напряжения на аноде в некоторые моменты работы лампы может оказаться ниже, чем напряжение на экранной сетке. В самом деле, переменное напряжение на управляющей сетке вызывает на резисторе в анодной цепи лампы значительно большее переменное напряжение. Это переменное напряжение во время своего отрицательного полупериода уменьшает величину анодного напряжения. Поэтому при сильных колебаниях напряжение на аноде в некоторой части периода может оказаться ниже напряжения на экранирующей сетке, что приводит к возникновению динаatronного эффекта. Экранированные лампы могут хорошо работать при условии, что к их управляющей сетке подводятся небольшие напряжения.

**Пентод.** Способ устранения неприятных последствий динаatronного эффекта очевиден: надо не пускать вторичные электроны приближаться к экранирующей сетке. Осуществить это можно введением в лампу еще одной — третьей по счету — сетки.

Третья сетка располагается между анодом и экранирующей сеткой и соединяется с катодом. Поскольку отрицательный полюс источника анодного напряжения соединен с катодом, третья сетка оказывается заряженной отрицательно относительно анода. Поэтому выбитые из анода вторичные электроны будут отталкиваться этой сеткой обратно к аноду. В то же время, будучи

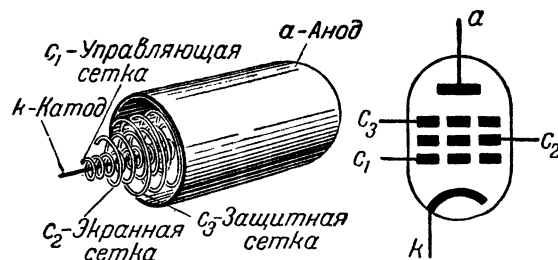


Рис. 5. Устройство пентода и его условное обозначение на схемах.

достаточно редкой, эта сетка не препятствует электронам основного анодного тока лететь к аноду.

Третья сетка защищает лампу от возникновения динаatronного эффекта и поэтому называется *защитной*, или *противодинаatronной*. Иногда ее называют *пентодной сеткой*. Происхождение этого названия следующее. Лампы с тремя сетками имеют всего пять электродов (катод, анод и три сетки); такие лампы называют пентодами (от греческого слова «пента» — пять) (рис. 5).

Соединение защитной сетки с катодом часто производится внутри лампы, и эта сетка, таким образом, не имеет самостоятельного вывода из баллона. В лампах некоторых типов защитная сетка имеет вывод наружу и ее соединение с катодом осуществляется вне баллона путем соединения соответствующих гнезд ламповой панели.

Защитная сетка, находясь между управляющей сеткой и анодом, как и экранирующая сетка, служит экраном между ними и способствует еще большему уменьшению емкости между этими электродами. Поэтому емкость между анодом и управляющей сеткой у пентодов еще меньше, чем у тетродов.

Защитная сетка, как и экранирующая, ослабляет действие анода на поток электронов по сравнению с действием управляющей сетки, поэтому коэффициент усиления пентодов больше, чем коэффициент усиления тетродов.

У современных высокочастотных пентодов коэффициент усиления доходит до нескольких тысяч (у триодов же, как мы видели, он не бывает больше 100), а емкость управляющая сетка — анод измеряется тысячными долями пикофарады (у триодов — несколько пикофарад).

Благодаря большому коэффициенту усиления и малой междуэлектродной емкости пентод является прекрасной лампой для усиления колебаний высокой частоты. Но пентоды с большим успехом применяются и для усиления низкой (звуковой) частоты, в частности в оконечных каскадах.

Конструктивно низкочастотные пентоды несколько отличаются от высокочастотных. Для усиления низкой частоты не нужны слишком большие коэффициенты усиления, но зато необходимо иметь большой прямолинейный участок характеристики, потому что усиливать приходится большие напряжения. Для этого у низкочастотных пентодов делают сравнительно редкие экранирующие сетки. При этом коэффициент усиления не получается очень большим (в десятки раз меньше, чем у высокочастотных пентодов), а вся характеристика сдвигается влево, поэтому большей ее участок становится пригодным для использования.

Низкочастотные пентоды в оконечных каскадах должны отдавать большую мощность; для этого требуются большие колебания анодного тока. Поэтому катод низкочастотного пентода должен давать большую эмиссию, для чего его поверхность приходится увеличивать. Увеличивать приходится и аноды. При большом анодном токе аноды подвергаются сильной электронной бомбардировке, что приводит к их значительному нагреванию, так как на аноде выделяется или, как говорят, рассеивается большая мощность. Эта мощность тем больше, чем больше электронов в потоке и чем выше их скорость, т. е., иначе говоря, чем больше анодный ток и выше анодное напряжение. Тонкие, небольшие по размерам аноды при сильном анодном токе могут раскалиться и даже расплавиться. Чтобы этого не произошло, аноды низкочастотных ламп делают большими и массивными; их часто чернят, так как черные тела лучше излучают тепло и, следовательно, лучше самоохлаждаются; к ано-

дам приваривают специальные охлаждающие ребра.

Удается конструировать мощные низкочастотные лампы и без защитных сеток. Витки экранирующих сеток в таких тетрадах располагают точно за витками управляющих сеток. При подобном устройстве сеток электроны, летящие к аноду, будут в гораздо меньших количествах попадать на витки экранирующей сетки, заслоненной витками управляющей сетки. Электронный поток при этом рассекается на отдельные пучки или лучи. Формированию лучей способствуют специальные пластины — экраны, соединенные с катодом и ограничивающие электронный поток с боков. Расслаивание электронного потока в таких тетрадах на отдельные лучи и дало основание назвать их лучевыми тетрадами. При такой конструкции лампы удается устранить динаatronный эффект, относя анод на точно рассчитанное расстояние от катода и других сеток. Благодаря этому выбитые из анода вторичные электроны не могут долететь до экранирующей сетки и притягиваются обратно анодом, не нарушая работы лампы.

У лучевых ламп удастся создать очень выгодную форму характеристики, позволяющую получить большую выходную мощность при небольшом напряжении сигнала на сетке.

Высокочастотные и низкочастотные пентоды, а также лучевые тетроды чрезвычайно широко распространены. Наиболее известными высокочастотными пентодами являются 6К7, 6Ж4, 1К1П, 1К2П, 6К4П; из низкочастотных пентодов — 6П9, 6П14П, а из лучевых тетродов — 2П1П, 2П2П, 6П3С, 6П6С, 6П1П.

## КОМБИНИРОВАННЫЕ ЛАМПЫ <sup>1</sup>

Электронная лампа является довольно дорогим прибором, имеющим к тому же сравнительно ограниченный срок службы, в среднем составляющий около 1 000 ч. Поэтому естественно стремление по возможности уменьшить число ламп в радиоприемниках и вообще в любого рода аппаратуре, в которой применяются электронные лампы.

Добиться такого уменьшения числа ламп можно разными способами. К ним надо причислить, например, улучшение параметров ламп и их усилительных свойств, что позволяет применять одну высококачественную лампу там, где раньше должны были работать две-три лампы менее высокого качества. Другим способом, ведущим к той же цели, является объединение

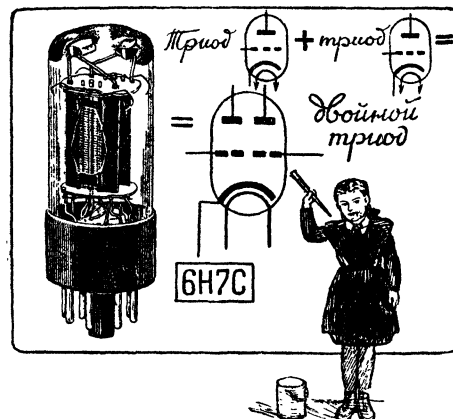
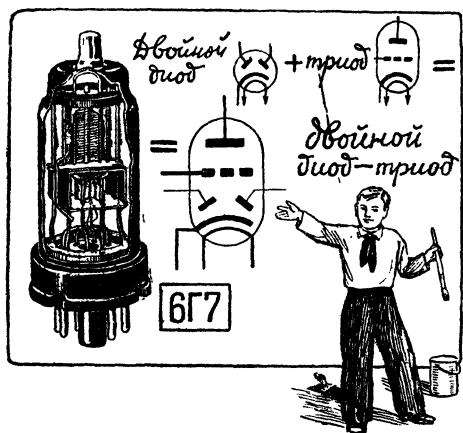
в одном баллоне двух или нескольких ламп, служащих для выполнения одинаковых или различных функций.

Примером выполнения различных задач отдельными частями лампы отчасти могут служить гептоды и гексоды. Одна часть такой лампы служит для генерирования, а другая — для смешивания частот.

Лампы такого рода называют многоэлектродными. В них общий электронный поток находится под действием нескольких электродов, как бы последовательно проходит через обе части лампы. В отличие от них комбинированными лампами называют такие лампы, в которых для работы отдельных частей лампы используются отдельные электронные потоки, создаваемые одним общим катодом, либо отдельные катоды, имеющие самостоятельные выводы, но нагреваемые одной общей нитью накала.

<sup>1</sup> Левитин Е. А. и Левитин Л. Е., Электронные лампы, изд-во «Энергия», 1964.



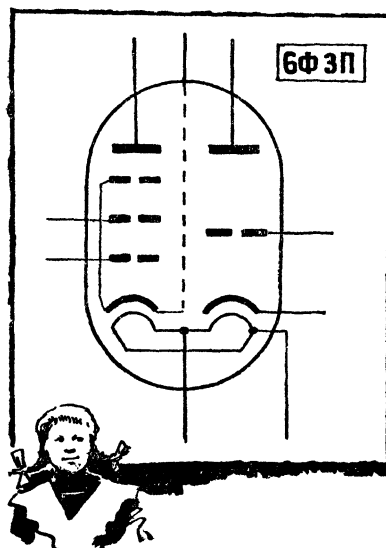
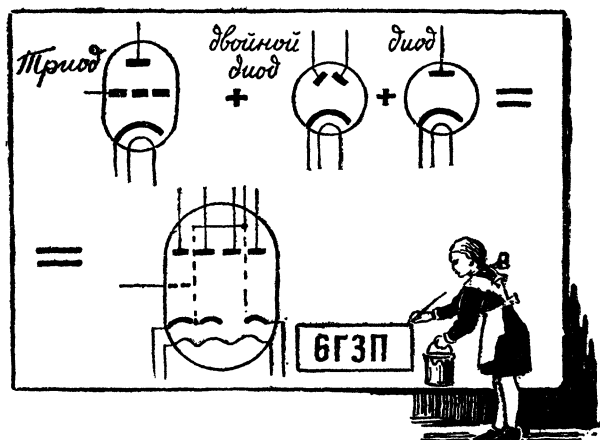


Очень распространенными комбинированными лампами являются диод-триоды, двойные диод-триоды, тройные диод-триоды (сочетание в одном баллоне триода и одного, двух или трех диодов). Диоды такой лампы используются для детектирования и для выполнения различных вспомогательных функций, например автоматического регулирования усиления (АРУ), а триоды — для усиления колебаний низкой частоты. Примером лампы такого типа может служить тройной диод-триод типа 6ГЗП. Эта лампа включает в себя два диода и триод с общим катодом и один диод с отдельным катодом. Для уменьшения внутриламповых емкостей между отдельными частями этой лампы помещены электростатические экраны.

Существуют также двойные диод-пентоды. Пентодная часть такой лампы может быть применена для усиления промежуточной частоты, а диоды детектируют сигналы, усиленные пентодной частью лампы. Выпускаются диод-пентоды 1Б1П, 1Б2П и двойной диод-пентод 6Б8С.

Примером комбинированных ламп с катодами, имеющими отдельные выводы, могут служить некоторые двойные триоды — лампы, представляющие собой соединение в одном баллоне двух триодов. К таким лампам относятся, например, двойные триоды 6Н8С, 6Н2П, 6Н3П, 6Н4П, 6Н5П. Правда, более часто катоды двойных триодов электрически соединены между собой (например, двойные триоды 6Н7С, 6Н15П). Но в некоторых схемах нельзя применить двойные триоды с общим катодом, так как эти триоды должны иметь по условиям схемы совершенно отдельные цепи.

Существуют и значительно более сложные комбинированные лампы. Так, отечественной промышленностью выпускаются лампы, представляющие соединение в одном баллоне двух лучевых тетродов. Такие лампы, известные под

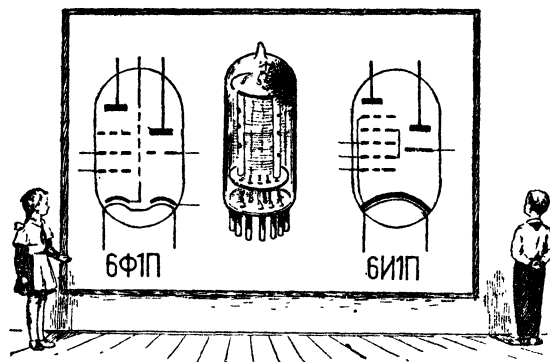


названием ГУ-29 и ГУ-32, используют в передающих УКВ устройствах.

Существуют лампы типа триод-пентод, представляющие собой комбинацию в одном баллоне триода и пентода, например 6Ф1П, 6Ф3П, 6Ф4П, 6Ф5П. Лампа 6Ф3П создана специально для работы в схемах телевизоров, имеющих трубку с большим углом отклонения ( $110^\circ$ ); триод может быть использован в каскаде предварительного усиления низкой частоты или в задающем генераторе блока кадровой развертки, а пентод — в окончательном каскаде усиления низкой частоты или блока кадровой развертки.

В радиовещательных приемниках широко применяется еще более сложная лампа — триод-гептод типа 6И1П. Гептод сам по себе представляет весьма сложную конструкцию — не так-то просто изготовить лампу с пятью близко расположенными друг к другу сетками. А в триод-гептоде в один баллон без особого увеличения его размеров к гептоду добавляется еще триод.

Комбинированные лампы типов триод-пентод и триод-гептод могут быть использованы и для других различных целей; каждая из них заменяет по две лампы, позволяя уменьшить размеры радиоаппаратуры и потребление энергии на ее



питание. Часто эти лампы применяют в радио-приемниках в качестве преобразователей частоты. Триод в этом случае работает в гетеродине — создателе вспомогательных высокочастотных колебаний, а пентод или гептод — в смесителе. Благодаря тому, что гетеродин в этих случаях представляет отдельную от смесителя часть, он работает особо устойчиво, частота создаваемых им колебаний меньше зависит от всяких посторонних влияний, чем в обычном гептоде.

Комбинированные электронные лампы пользуются заслуженным успехом. Применение их расширяется, а число типов возрастает.

## КОНСТРУКЦИИ РАДИОЛАМП <sup>1</sup>

Для аппаратуры малой мощности, такой как радиоприемник, лампы стараются делать возможно меньшего размера. Их часто называют *приемно-усилительными лампами*. В мощной аппаратуре радиоузлов и в радиопередатчиках применяют лампы значительно больших размеров, развивающие в анодной цепи гораздо большую мощность.

За время существования радиоламп их конструкции претерпели серьезные изменения. Первые образцы приемно-усилительных ламп отличались довольно значительными размерами и потребляли очень большой ток накала. По мере совершенствования конструкции и технологии производства размеры лампы уменьшались, лампы становились более прочными, экономичными, их качество улучшалось. Приемно-усилительные лампы наших дней по своей конструкции очень мало похожи на первые радиолампы, хотя основные принципы их работы не изменились.

Мы познакомимся вкратце с конструкциями приемно-усилительных электронных ламп как

наиболее известных и распространенных (рис. 1—3).

Каждая лампа имеет *баллон*, внутри которого находятся электроды, имеющие выводы наружу для подвода питания и соединения со схемой.

Баллоны ламп обычно делают либо из стекла, либо из стали. Электроды крепят при помощи металлических стоек к стеклянной ножке в нижней части баллона. Кроме того, сверху они поддерживаются обычно при помощи слюдяных изолирующих шайб, упирающихся своими краями в стенки баллона. Это обеспечивает весьма прочное и жесткое крепление электродов и невозможность их вибрации и смещения относительно друг друга при тряске и ударах. Такая жесткость конструкции является непременным условием хорошего качества ламп, так как от взаимного

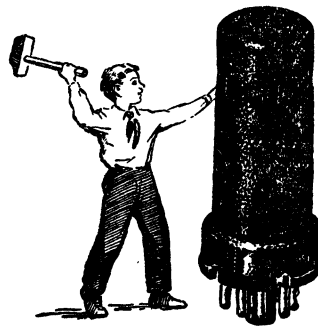


Рис. 1.

<sup>1</sup> Левитин Е. А., Электронные лампы, Госэнергоиздат, 1960 (Массовая радиобиблиотека).

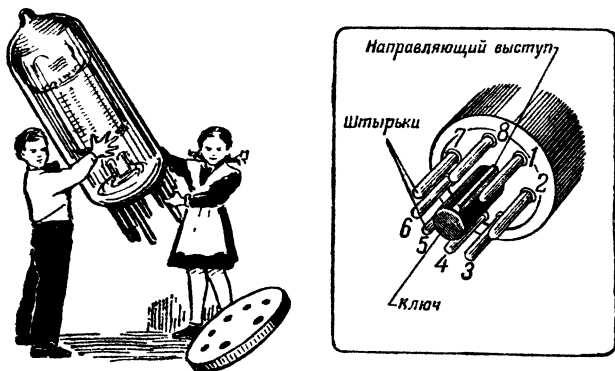


Рис. 2.

расположения электродов и от расстояния между ними зависят параметры лампы.

От каждого электрода наружу делается вывод. Обычно для выводов используют металлические стойки, крепящие электроды. Выводы проходят сквозь стекло и завариваются в нем так, чтобы проникновение воздуха внутрь баллона было невозможно.

Современные приемно-усилительные лампы выпускаются почти исключительно пальчикового типа (рис. 3). Внутренняя арматура и выводы всех электродов укреплены непосредственно на плоском стеклянном дне лампы и выходят наружу в виде тонких, но прочных штырьков, расположенных несимметрично.

Штырьки вставляют в гнезда *ламповой панельки*, к которым подводятся соответствующие провода. Лампы других типов имеют цоколи из изоляционных материалов с металлическими штырьками. К каждому из штырьков присоединяется вывод одного из электродов лампы.



Рис. 3.

Для того чтобы обеспечить правильность вставления штырьков лампы в панельку, применяют два способа. Первый из них состоит в несимметричном расположении штырьков. Вторым способом состоит в устройстве на цоколе *направляющего ключа* из пластмассы (рис. 2).

Ключ цоколя устанавливается в отверстие панельки, и лампу вращают рукой до тех пор, пока выступ ключа не совпадает с пазом в панельке, после

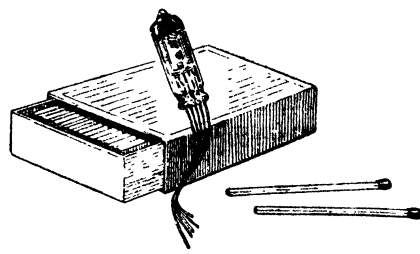


Рис. 4.

чего штырьки лампы легко входят в свои гнезда.

Электроды лампы одного и того же типа всегда совершенно одинаково соединяются со штырьками. Порядок соединения электродов лампы со штырьками называют *цоколевкой*. В описаниях ламп обязательно указывается их цоколевка. По установившемуся обычаю цоколевка на чертежах показывается так, как она выглядит, если смотреть на лампу снизу.

Существуют сверхминиатюрные лампы, которые в несколько раз меньше пальчиковых (рис. 4). Их диаметр не превышает толщину карандаша. У такой лампы уже нельзя сделать цоколь со штырьками. Ее выводы осуществляются мягкими проводниками, которые припаиваются к соответствующим точкам схемы аппаратуры. Применение сверхминиатюрных ламп дает возможность строить чрезвычайно компактную и легкую радиоаппаратуру. Лампы в такой аппаратуре по своим размерам и способу монтажа не отличаются существенно, например, от постоянных конденсаторов малой емкости и резисторов (сопротивлений).

Полную противоположность миниатюрным лампам представляют мощные лампы, применяемые на крупных радиоузлах и на радиопередающих станциях. Катоды этих ламп должны обеспечивать чрезвычайно большую эмиссию, измеряемую многими амперами. На анодах их мощность рассеивается до десятков киловатт. Все это приводит к тому, что размеры ламп доходят чуть ли не до человеческого роста.

Огромное количество выделяющегося на анодах тепла приводит к необходимости вводить искусственное охлаждение ламп, и поэтому во всем мире в мощных радиопередатчиках применяются лампы с медными анодами и водяным охлаждением, изобретенные в 1923 г. М. А. Бонч-Бруевичем.

## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛАМП <sup>1</sup>

Ниже приведены условные обозначения электронных приемно-усилительных ламп, изготавливаемых в Советском Союзе.

Эти обозначения состоят в большинстве случаев из букв и чисел.

**Первый элемент** — цифра — округленно указывает напряжение накала. Например, напряжение накала лампы, название которых начи-

<sup>1</sup> По разным источникам.

нается с цифры 1, составляет 1,2 в, а лампы, первая цифра в названии которых 6, имеют напряжение накала 6,3 в.

**Второй элемент** в наименовании лампы — буква, характеризующая тип лампы:

А — гептод;  
Б — пентод с одним или двумя диодами;

Д — диод (детекторный);  
Х — двойной диод (детекторный);  
Ц — кенотрон (диод или двойной диод, предназначенный для выпрямителей);

С — триод;  
Э — тетрод;  
К — пентод с удлиненной характеристикой;  
Ж — пентод с короткой характеристикой;  
П — выходной пентод или лучевой тетрод;  
Е — электронно-световой индикатор настройки;

Г — триод с одним или двумя диодами;

Н — двойной триод;

Ф — триод-пентод;

И — триод-гексод или триод-гептод.

**Третий элемент** — цифра, обозначающая порядковый номер типа прибора, позволяет различать разные типы ламп с одинаковым количеством электродов. Например, лампы 6Н8С, 6Н9С и 6Н2П — все это различные типы двойных триодов.

**Последняя буква (четвертый элемент)** в названии лампы характеризует ее конструктивное выполнение.

П — пальчиковая, т. е. цельностеклянная лампа со штырьками, выходящими непосредственно из стеклянного дна;

С — лампа в стеклянном баллоне с восьмиштырьковым цоколем;

Ж — лампа типа «желудь»;

Б — сверхминиатюрная лампа при диаметре баллона 10 мм;

А — то же при диаметре баллона 6 мм.

Лампы в металлическом баллоне не имеют буквы в конце условного обозначения, т. е. оно состоит только из трех элементов. Например, 6К7 — пентод с удлиненной характеристикой, напряжение накала 6,3 в, седьмой тип, баллон металлический.

Приведем еще примеры условных обозначений:

6П14П — пентод выходной с напряжением накала 6,3 в, пальчиковый;

6СЗБ — триод с напряжением накала 6,3 в, сверхминиатюрный в баллоне диаметром 10 мм;

1А1П — частотно-преобразовательная лампа с двумя управляющими сетками, напряжение накала 1,2 в, первый тип, пальчиковая.

## РЕЖИМЫ РАБОТЫ ЛАМП <sup>1</sup>

Начинающим изучать радиотехнику иногда трудно выработать четкое представление о режимах работы лампы в усилителях. Что такое режим АВ<sub>2</sub> и чем он отличается от режима В<sub>2</sub>? Какой режим усиления наиболее выгоден в выходных каскадах? А в каскадах предварительного усиления — в усилителях напряжения?

Отчего возникают нелинейные искажения и в каком режиме они будут наименьшими? Что такое отсечка тока?

На эти и другие вопросы, относящиеся к затрагиваемой теме, в упрощенном виде отвечают помещаемые ниже рисунки с подписями. Они помогут запомнить то, что очень часто забывается вскоре после прохождения материала в радиокружках и при самостоятельном ознакомлении с радиотехникой.

Анодно-сеточная характеристика лампы, как мы уже знаем <sup>2</sup>, выражает зависимость анодного тока  $I_a$  от напряжения на сетке  $U_c$  при неизменном постоянном напряжении  $U_a$  на аноде. Имея такую характеристику (рис. 1), можно опреде-

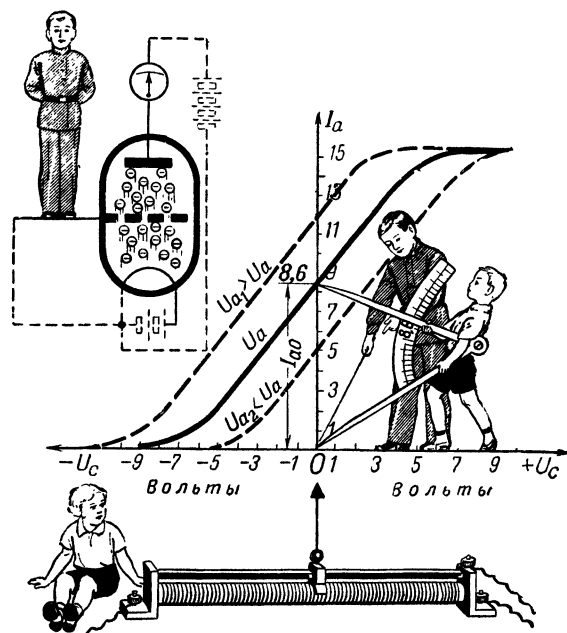


Рис. 1. Отсчет анодного тока по характеристике лампы.

<sup>1</sup> Бажанов С. А., Как работает радиолампа, Госэнергоиздат, 1947 (Массовая радиобиблиотека). Новая редакция.

<sup>2</sup> См. раздел «Триоды» на стр. 86.

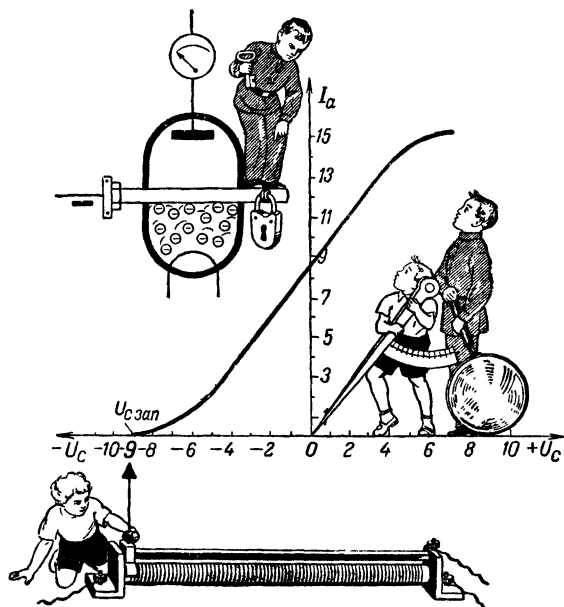


Рис. 2. Лампа «заперта».

литель, чему равен анодный ток при любом напряжении на сетке; при  $U_c = 0$ , например,  $I_a = I_{a0} = 8,6$  ма. Для меньших анодных напряжений характеристика располагается правее, а для больших — левее рассмотренной нами характеристики, обозначенной на рис. 1 сплошной жирной линией.

Сделаем отрицательное напряжение на сетке настолько большим, чтобы сетка отталкивала от себя все электроны обратно к катоду, совершенно не пропуская их к аноду. Поток электронов обрывается, анодный ток делается равным нулю. Лампа «запирается» (рис. 2). Напряжение на сетке, при котором происходит «запирание»

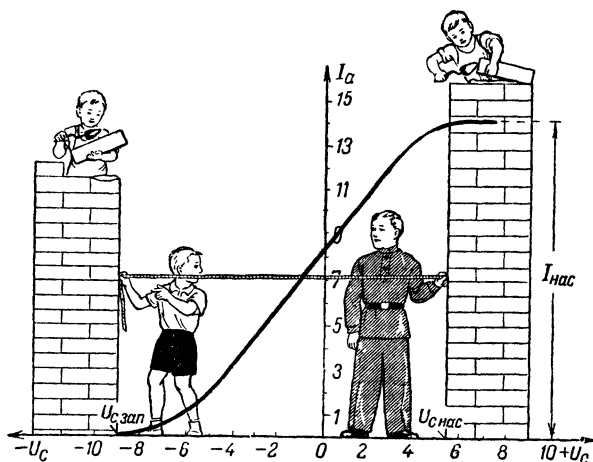


Рис. 3. Пределы изменений анодного тока при заданном напряжении на аноде.

лампы, называется *напряжением запирания* (обозначено  $U_{c, зап.}$ ).

Для взятой нами характеристики  $U_{c, зап.} = -9$  в. «Отпереть» лампу можно уменьшением отрицательного напряжения на сетке или же увеличением анодного напряжения.

Установив постоянное напряжение на аноде, можно менять анодный ток  $I_a$  от нуля ( $I_a = 0$ ) до максимума ( $I_a = I_{нас.}$ ) изменением напряжения на сетке в пределах от  $U_{c, зап.}$  до  $U_{c, нас.}$  (рис. 3). Воздействие сеточного напряжения на поток электронов — исключительно удобная возможность управления величиной анодного тока, в особенности если учесть, что это воздействие осуществляется почти мгновенно, с очень малой инерцией.

Будем непрерывно менять напряжение на сетке, делая его то положительным, то отрицательным. С этой целью подведем к сетке переменное напряжение с амплитудой  $U_{mc1}$ , называемое *напряжением возбуждения лампы*. График этого напряжения (синусоида) нанесен на оси времени  $t$ , идущей вниз от нуля (рис. 4). Анодный ток будет *пульсировать* — периодически увеличиваться и уменьшаться — с частотой, равной частоте изменения напряжения возбуждения. График пульсации анодного тока, повторяющий по своей форме график напряжения возбуждения, нанесен вдоль горизонтальной оси времени  $t$  вправо от характеристики. Чем больше величина  $U_{mc}$ , тем в больших пределах изменяется анодный ток (сравните на рис. 4

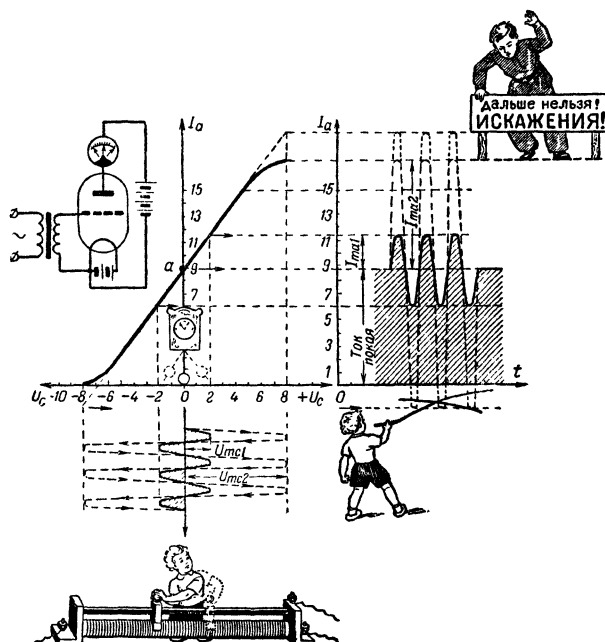


Рис. 4. Переменное напряжение на сетке создает пульсации анодного тока.

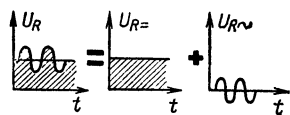
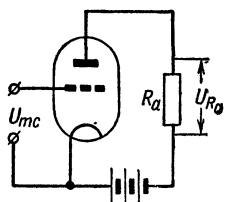


Рис. 5. Одноламповая схема усиления.

падение напряжения  $U_{Ra}$ , пульсирующее с частотой напряжения возбуждения и повторяющее все изменения тока. Пульсирующее напряжение состоит из двух составляющих: постоянного напряжения  $U_R$  и переменного напряжения  $U_R$  с амплитудой  $U_{ma}$ . При правильно выбранном сопротивлении резистора  $R_a$  амплитуда переменной составляющей напряжения  $U_{ma}$  оказывается больше  $U_{mc}$ , т. е. осуществляется усиление переменного напряжения. Отношение  $U_{ma}$  к  $U_{mc}$  называется *коэффициентом усиления схемы*.

Если усиление, даваемое одной лампой, недостаточно, то усиленное первой лампой напряжение подают ко второй лампе, а от второй — к третьей и т. д. Так осуществляется усиление каскадами. На рис. 6 приведена упрощенная схема трехлампового усилителя.

На рис. 7 показана такая же характеристика лампы, как и на рис. 4, только без верхнего и нижнего плавных изгибов. Это — идеализированная характеристика. Сравните рис. 4 и 7 и Вы увидите, к чему приводит наличие изгибов на реальной характеристике. Они вызывают в анодной цепи искажения формы кривой усиленных колебаний, а эти искажения недопустимы, в особенности когда

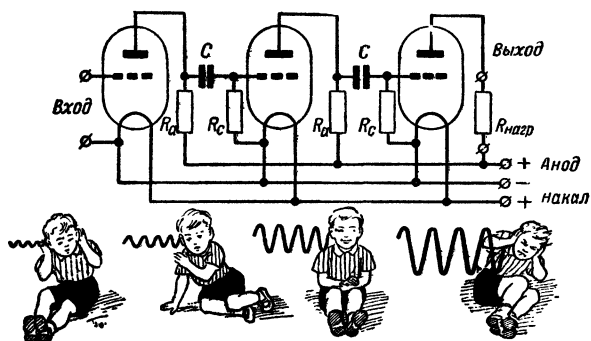


Рис. 6. Упрощенная схема трехлампового усилителя с емкостными межкаскадными связями.

$U_{mc1}$  и  $I_{ma1}$  с  $U_{mc2}$  и  $I_{ma2}$ ). Точка  $a$  на характеристике, соответствующая среднему (нулевому) значению напряжения на сетке и величине тока покоя в анодной цепи, называется *рабочей точкой*.

Что произойдет, если в анодную цепь лампы (рис. 5) включить резистор  $R_a$ ? Через него будет проходить анодный ток  $I_a$ , вследствие чего на нем получится

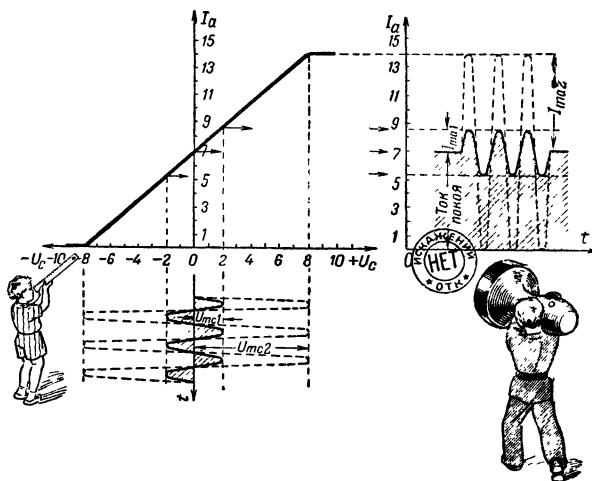


Рис. 7. Характеристика лампы, работающей без искажений.

они большие. Громкоговоритель, присоединенный к усилителю, работающему с искажениями, воспроизводит хриплые звуки, речь становится неразборчивой, пение — неестественным и т. п. Такие искажения, обусловленные криволинейностью или, как принято говорить нелинейностью ламповой характеристики, называют *нелинейными*. Их не будет, если характеристика строго линейна: здесь график колебаний анодного тока в точности повторяет график колебаний напряжения на сетке.

Характеристики большинства усилительных ламп в своей средней части прямолинейны. Напрашивается вывод: использовать не всю характеристику лампы вместе с изгибами, а только ее прямолинейный средний участок (рис. 8). Это избавит усиление от нелинейных искажений. Чтобы это осуществить, напряжение на сетке не должно превышать в сторону отрицательных значений  $-U_{c1}$ , а в сторону положительных значений  $+U_{c2}$ . Величина анодного

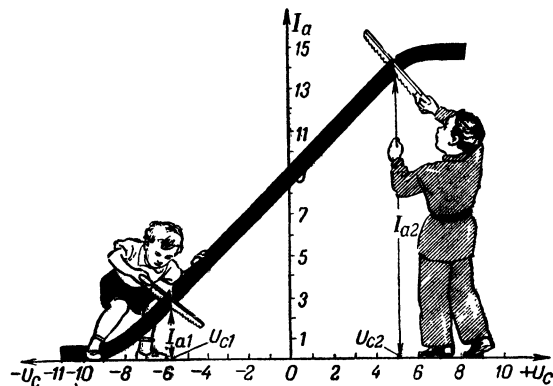
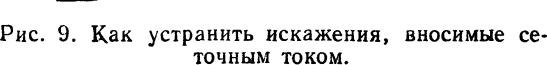


Рис. 8. Как устранить искажения, возникающие вследствие наличия изгибов характеристики.



К сожалению, указанной выше причиной нелинейных искажений дело не ограничивается. В моменты, когда сетка заряжена положительно, она притягивает к себе электроны, отнимая некоторое их количество от общего потока, направленного к аноду. Благодаря этому в цепи сетки возникает сеточный ток. Этот ток, проходя через внутреннее сопротивление того источника переменного напряжения, которое подается на сетку, создает на этом сопротивлении падение напряжения.



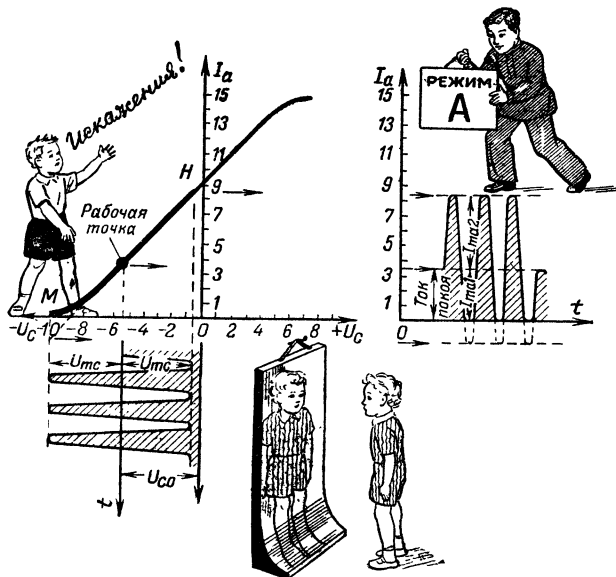


Рис. 11. Работа лампы в режиме А с использованием нижнего изгиба характеристики.

ковой программы, можно включить и нижний изгиб в рабочий участок  $MH$  характеристики (рис. 11). Такой режим лампы еще сохраняет название режима А.

В учебниках встречается такое определение усиления режима А: это режим, при котором лампа работает без отсечки анодного тока. На рис. 12 показано, что такое *отсечка*. Амплитуда напряжения возбуждения  $U_{mc}$  настолько велика, что в течение некоторой части периода изменения этого напряжения лампа «запирается» — ток через лампу прекращается. Нижние части синусоиды пульсаций анодного тока не воспроизводятся и как бы отсекаются — отсюда и название «отсечка». Отсечка может быть не только снизу, но и сверху («верхняя отсечка», см. рис. 17), когда наибольшее значение анодного тока должно было бы превысить ток насыщения лампы.

Широкое распространение получила двухтактная схема усилителя, работающего в режиме А. В этой схеме использованы две одинаковые лампы. Напряжение возбуждения подается так, что когда одна сетка заряжается положительно, другая заряжается отрицательно. Благодаря этому возрастание анодного тока одной лампы сопровождается одновременным уменьшением тока другой лампы. Это гораздо легче представить себе, если одну характеристику расположить в перевёрнутом виде под другой: сразу становится понятным, как напряжение («раскачка») действует на токи в лампах (рис. 13). В результате переменные напряжения, возникающие на двух половинках первичной обмотки

трансформатора, включенные в анодные цепи ламп, складываются и на всей обмотке получается результирующее переменное напряжение удвоенной величины, т. е.  $U_{ma} = U_{ma1} + U_{ma2}$ .

Двухтактная схема работает с меньшими нелинейными искажениями, чем однотактная.

Рассмотрим теперь такой случай: на сетку лампы подано напряжение смещения  $U_{c0} = U_{c, \text{зап}}$ . Тем самым рабочая точка смещена на самый низ характеристики. Лампа «заперта», ее анодный ток равен нулю. Если к лампе подвести напряжение возбуждения с амплитудой  $U_{mc}$ , то в анодной цепи появятся импульсы тока в виде «половинок периодов» с максимальным значением  $I_{a, \text{макс}}$ . Иначе говоря, кривая усиленных колебаний исказится до неузнаваемости: срежется вся ее нижняя половина (рис. 14). Такой режим может показаться совершенно непригодным для низкочастотного усиления: слишком уж велики искажения. Но подождем делать вывод о непригодности.

Возьмем не одну лампу, а две и заставим их работать попеременно: одну — от одного полупериода напряжения возбуждения, а другую — от другого, следующего за первым. Каждая лампа в отдельности будет воспроизводить всю половину кривой, а совместным их действием будет воспроизведена полностью вся кривая. Но как для этого соединить лампы?

По двухтактной схеме, изображенной на рис. 13, только на сетку каждой из ламп в этой схеме придется подать напряжение смещения  $U_{c0} = U_{c, \text{зап}}$ . Пока напряжение возбуждения не подается, обе лампы «заперты» и их анодные токи равны нулю. Но вот подано напряжение возбуждения, и лампы поочередно начинают «отпираться» и «запираться», работая импульсами, толчками (см. левую часть рис. 15).

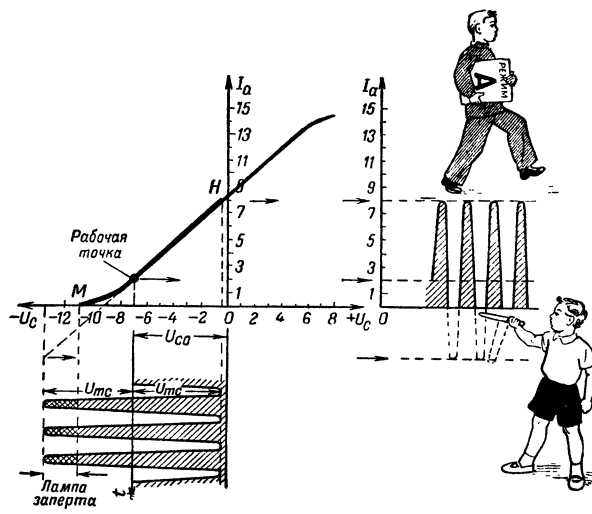


Рис. 12. Лампа работает с отсечкой анодного тока.

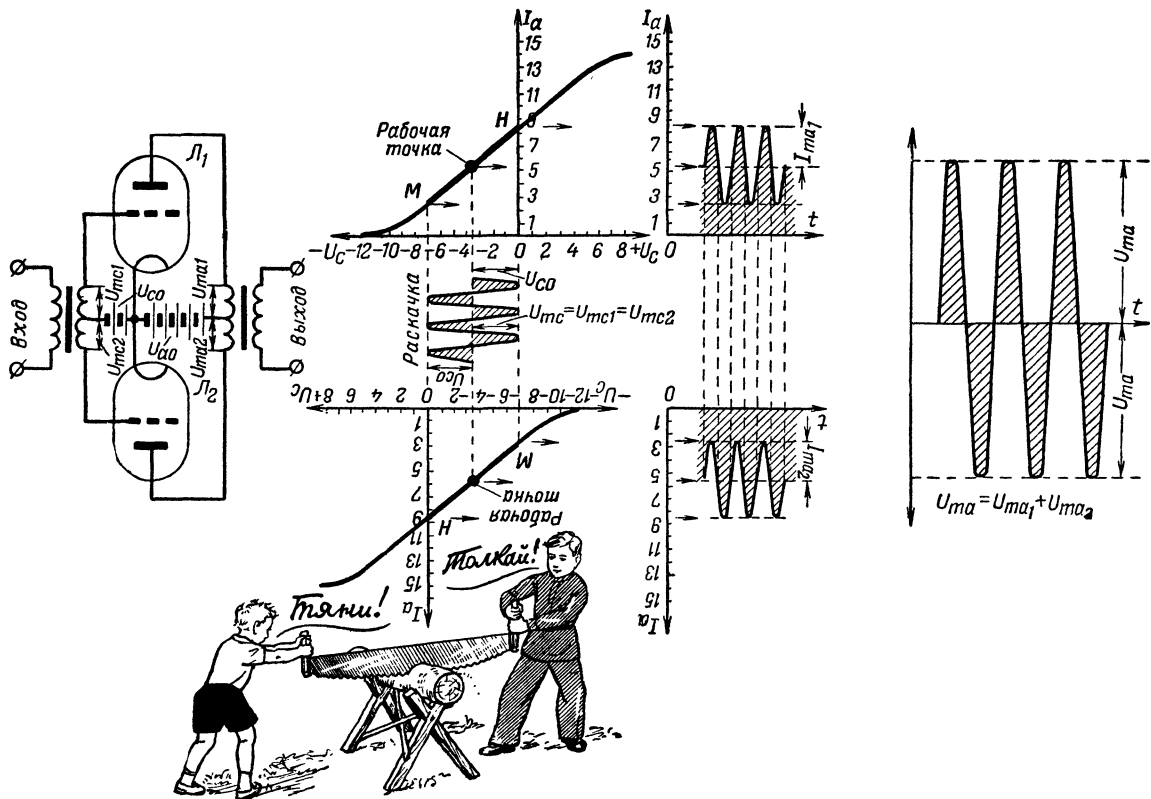


Рис. 13. Как работает двухтактная схема.

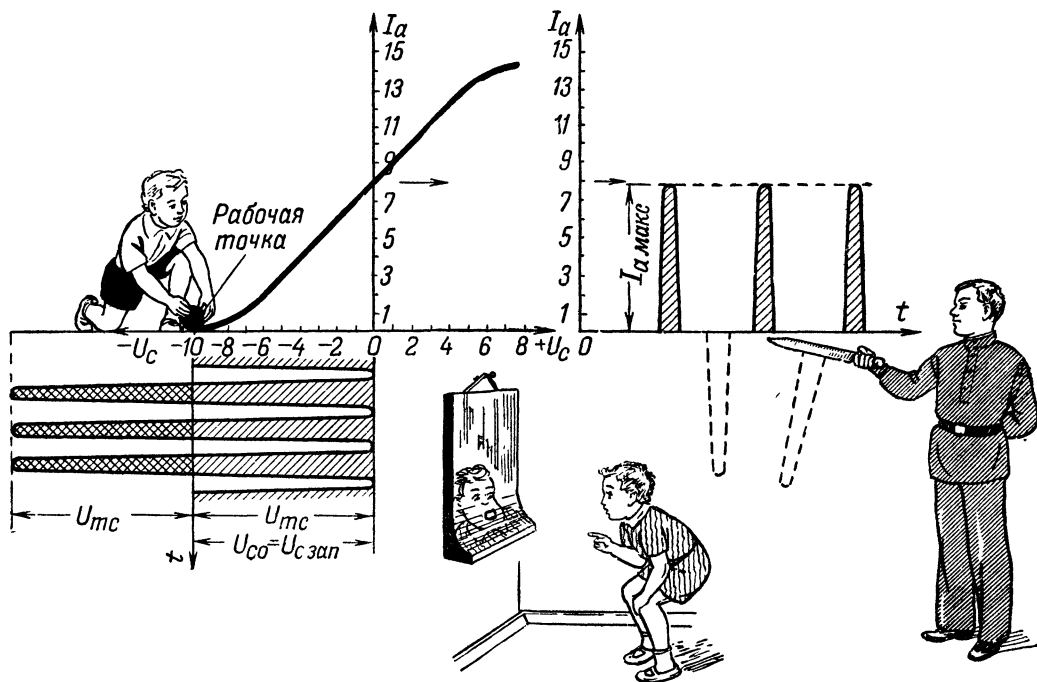


Рис. 14. Работа лампы, когда рабочая точка сдвинута к началу характеристики.

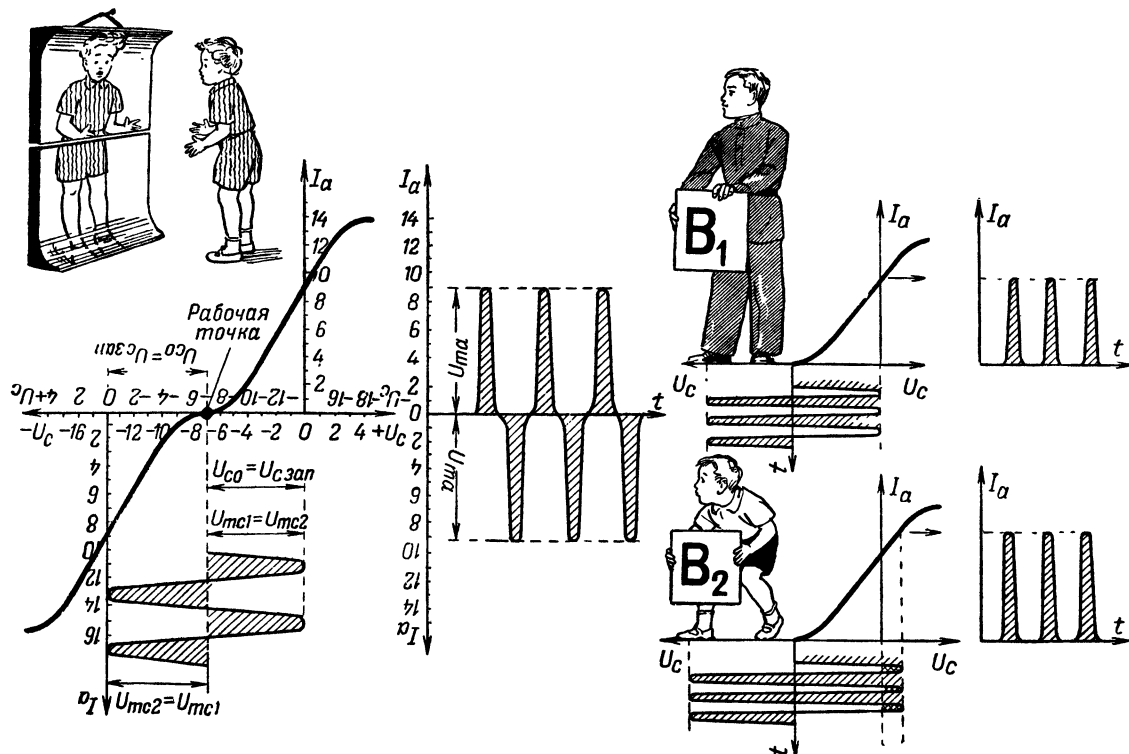


Рис. 15. Работа двухтактной схемы в режимах  $B_1$  и  $B_2$ .

Такой режим усиления, применяемый только для двухтактных схем, получил название режима  $B$ .

Если характеристики ламп совершенно прямолинейны, лампы в точности одинаковы и отсечки у каждой из них выбраны правильно, то искажений не будет.

Но в реальном режиме  $B$  неизбежны нелинейные искажения из-за нижних изгибов характеристик. Это заставляет во многих случаях отказываться от использования режима  $B$ , вообще наиболее экономичного из всех режимов низкочастотного усиления.

Какой же режим может быть рекомендован для усилителей низкой частоты?

Режим  $A$ , как мы теперь знаем, мало экономичен и его применение в мощных усилителях не всегда оправдывается. Он хорош только для мало-

мощных каскадов. Случаи использования режима  $B$  также ограничены.

Но есть режим, занимающий промежуточное положение между режимами  $A$  и  $B$ ; это режим  $AB$ .

Если в процессе усиления получается заход в область сеточных токов, то к обозначению режима прибавляется индекс 2, если же работа производится без токов

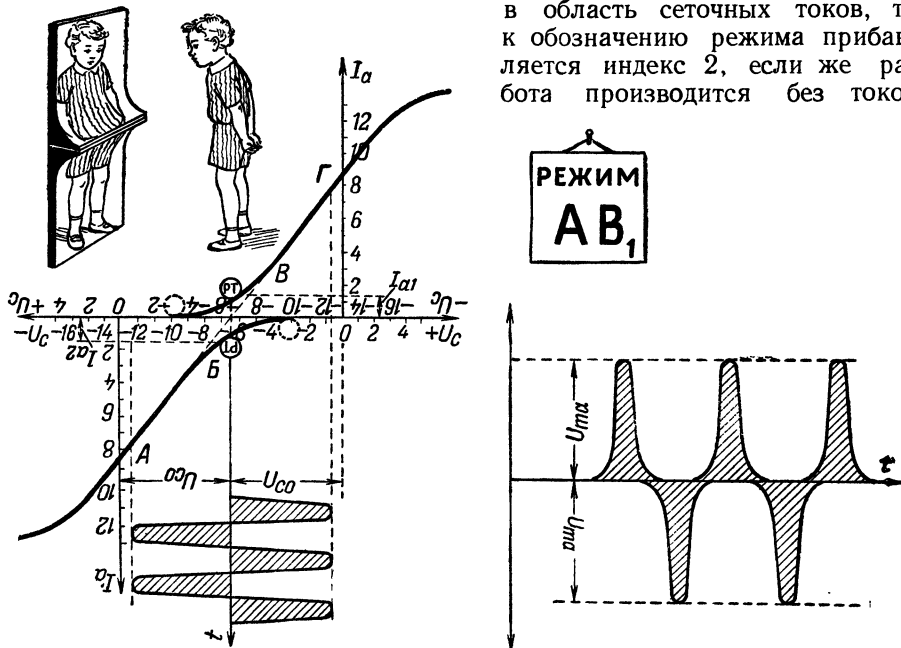


Рис. 16. Работа двухтактной схемы в режиме  $AB_1$ .

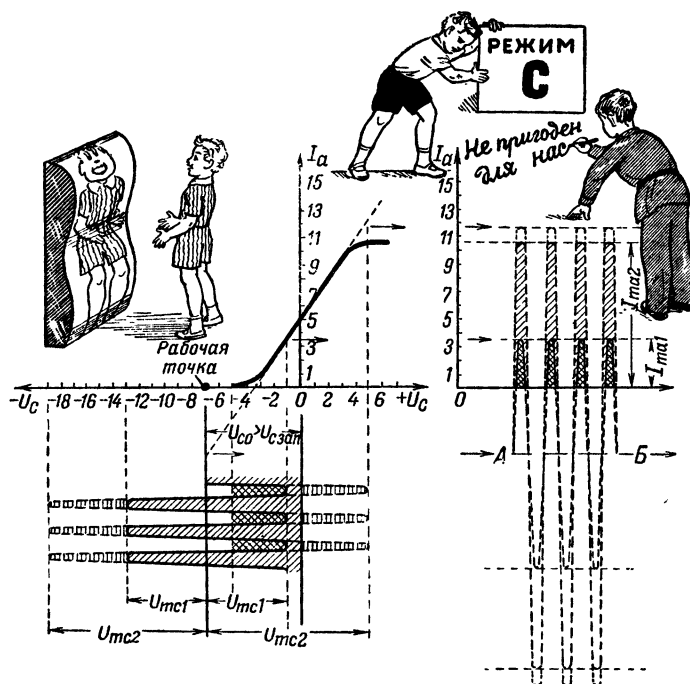


Рис. 17. Работа лампы в режиме С.

сетки — индекс 1. Так различают режимы  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $AB_1$  и  $AB_2$ . В этих режимах  $AB_1$  и  $AB_2$ , как и в режимах  $B_1$  и  $B_2$ , лампы работают с отсечкой анодного тока, но рабочая точка на характеристике находится правее и выше, чем в режимах  $B_1$ . В моменты пауз токи через лампы не прекращаются, хотя они и невелики ( $I_{a1}$  и  $I_{a2}$ ). Поло-

<sup>1</sup> В режимах  $AB$  отсечка имеет место при больших амплитудах напряжения возбуждения; при слабых сигналах, когда амплитуды напряжения возбуждения малы, лампы работают без отсечки тока. (Прим. ред.)

жение рабочей точки  $PT$  (рис. 16) определяется таким условием: результирующая характеристика  $ABV$  ламп, работающих в двухтактной схеме (для однотактных схем режим  $AB$  вообще непригоден), должна быть как можно прямолинейнее. В то же время токи  $I_{a1}$  и  $I_{a2}$  желательно иметь малыми, поскольку их величина в значительной степени определяет к. п. д. Этим условиям удовлетворяет положение рабочей точки  $PT$ , указанное на рис. 16. Режим  $AB_2$  более экономичен, чем режим  $AB_1$  (к. п. д. в режиме  $AB_2$  достигает 65%, тогда как в режиме  $AB_1$  — лишь 50%); он применяется в каскадах большой мощности (более 100 вт). В каскадах мощностью до 100 вт рекомендуется применять режим  $AB_1$ . Искажения в режиме  $AB_2$  заметно больше, чем в режиме  $AB_1$ .

Известен еще режим С. Он характерен тем, что на сетку лампы подается отрицательное напряжение смещения  $U_{c0} > U_{c, зап.}$ . В моменты пауз лампа «заперта»; она «отпирается» только для того, чтобы пропустить кратковременный импульс тока, длящийся менее половины периода. Обычно  $U_{mc}$  по абсолютному значению больше  $U_{c0}$ , вследствие чего осуществляется заход в область сеточных токов и даже имеет место верхняя отсечка (как показано на рис. 17 для  $U_{mc2}$ ). Искажения в режиме С настолько велики, что этот режим непригоден для низкочастотного усиления. Но он наиболее экономичный из всех режимов вообще (к. п. д. доходит до 75—80%) и поэтому применяется для усиления высокочастотных колебаний в радиопередаточных устройствах, где нелинейные искажения не имеют такого значения, как при низкочастотном усилении.

## ЛАМПЫ С ХОЛОДНЫМ КАТОДОМ <sup>1</sup>

Все рассмотренные выше электронные лампы имеют катоды, разогреваемые током от внешнего источника. Однако существует большая группа ламп, наполненных газом, в которых ни один электрод не разогревается, а свободные электроны существуют и «работают». Такие лампы называют лампами с холодным катодом (или, иначе, лампами с холодным или тлеющим разрядом). Они обладают большой экономичностью.

Какие же физические процессы происходят в газонаполненных приборах?

Представим себе стеклянный баллон с двумя электродами, в котором создан обычный для радиоламп вакуум, а затем в него введено небольшое количество газа (аргон, неон, водород). Если к электродам присоединить источник тока, то при некоторой разности потенциалов между ними непроводящий газовый промежуток может резко изменить свои свойства и стать хорошим проводником: произойдет так называемый холодный электрический разряд. При этом газовый промежуток освещается характерным цветом (например, аргон — мертвенно-синим, неон — оранжево-красным и т. п.). Из-за этого светового эффекта, сопутствующего разряду, напряжение, при котором он начинается, называют *потенциа-*

<sup>1</sup> Левитин Е. А. и Левитин Л. Е., Электронные лампы, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

лом зажигания. Остановимся подробно на сущности происходящих в газонаполненной лампе процессов.

Атомы разреженного газа не имеют электрического заряда, но если с орбиты атома будет каким-то образом удален один электрон (или несколько) или если атом приобретет дополнительный электрон, то атом превратится в ион (в первом случае — положительный, во втором — отрицательный). В массе газа всегда имеется некоторое количество свободных электронов. Эти электроны при отсутствии электрического поля в баллоне движутся по хаотическим траекториям. Но если к электродам газонаполненной лампы приложить разность потенциалов, то свободные электроны, естественно, начнут двигаться по направлению к положительно заряженному электроду — аноду. Встречая на своем пути атомы газа, эти электроны ударяются о них и меняют направление своего движения, хотя общий их поток и сохраняет направленность к аноду. Чем меньше напряжение, приложенное к электродам газонаполненной лампы, т. е. чем слабее электрическое поле в баллоне, тем труднее «пробираться» свободным электронам внутри массы газа. Разряда в газе, следовательно, нет.

Но вот при увеличении напряжения энергия свободных электронов достигает такой величины, что они при соударении с атомами газа будут выбивать с их орбит электроны и таким образом превращать атомы газа в положительные ионы. Выбитые из атомов электроны также будут разгоняться электрическим полем и в свою очередь начнут выбивать из встречных атомов электроны. Такой процесс нарастает мгновенно, газ из-за наличия большого числа электронов становится хорошо проводящим: в баллоне происходит вспышка, начинается тлеющий разряд. Этот разряд может далее существовать длительное время, поддерживая сам себя. Происходит это по следующей причине.

Положительные ионы, образовавшиеся при соударении атомов с электронами, движутся к отрицательному электроду-катоде и образуют вблизи него положительно заряженное ионное «облачко». Ионы этого «облачка» с большой силой притягиваются катодом и бомбардируют его, выбивая свободные электроны, а сами при ударе присоединяют электроны, имеющиеся в избытке на катоде, и превращаются в нейтральные атомы. Такой процесс при определенных условиях происходит непрерывно, т. е. не происходит накопления положительных ионов, а разряд поддерживается за счет выбиваемых вновь из катода электронов. Интересно отметить, что тлеющий разряд продолжается при падении напряжения между электродами, меньшем, чем потенциал зажигания. Другим важным свойством газо-

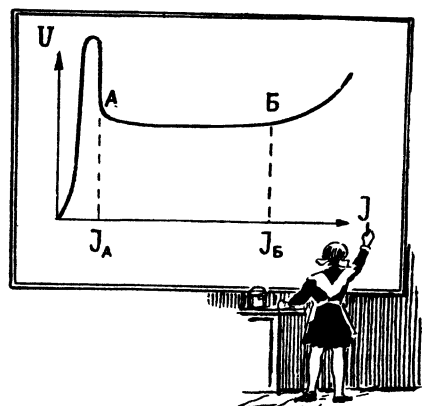


Рис. 1.

наполненной лампы с холодным катодом является способность пропускать при разряде ток различной величины без изменения величины падения напряжения на лампе.

На рис. 1 графически показана зависимость тока, проходящего через лампы от напряжения на ее электродах. В области АВ процессы в лампе происходят так, как описано выше. Если же через лампу пойдет ток, меньший  $I_A$ , то лампа может погаснуть. Наоборот, увеличение тока свыше  $I_B$  означает увеличение эмиссии электронов с катода, причем после того, как эмиссия охватит всю площадь катода, ее увеличение будет возможно только за счет увеличения скорости бомбардировки ионами, т. е. потребуется повышение разности потенциалов на электродах. Увеличение энергии электронов, бомбардирующих катод, приводит к его разогреву и появлению термоэлектронной эмиссии с катода. Значит, резко увеличится число электронов в баллоне, а это приведет к лавинообразному переходу тлеющего разряда в дуговой, который может разрушить лампу. Поэтому рабочей областью лампы с холодным катодом является участок АВ.

Поясним, почему лампа с холодным катодом светится. При ударе свободного электрона по атому может случиться, что энергии «бомбардира» не хватает для выбивания электрона с орбиты атома. Но все-таки атому будет сообщено некоторое количество энергии, и это выразится в том, что электрон атома перейдет на другую орбиту. Такое «возбужденное» состояние атома является ненормальным и продолжается всего около  $\frac{1}{100\,000\,000}$  сек, после чего электрон вернется на свою орбиту, а излишек энергии выйдет в виде света (газ светится). А так как в массе газа многие электроны не обладают достаточной энергией для ионизации атомов, но лишь могут их возбудить, то при «тлеющем» разряде лампа с холодным катодом светится.



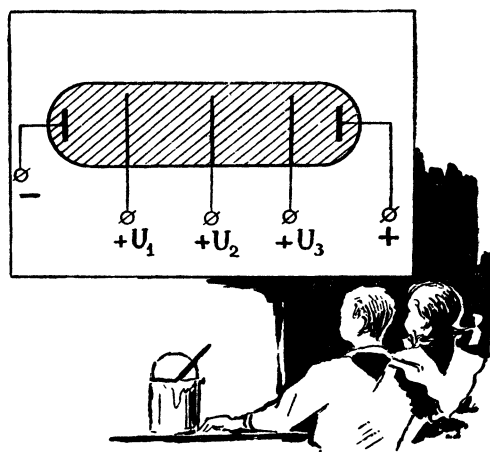


Рис. 2.

Описанные свойства ламп с холодным катодом (способность самостоятельно поддерживать тлеющий разряд, постоянство напряжения при изменении в больших пределах величины пропускаемого тока и способность светиться ярким светом при разряде) используются в самых разнообразных устройствах. Так, например, лампы с холодным катодом широко применяют в схемах стабилизации напряжения (стабилитроны), причем существуют конструкции ламп, в которых одновременно осуществляется деление стабилизируемого напряжения. Такие лампы имеют несколько последовательных газовых промежутков: электроды расположены так, что каждый из них, кроме крайних, является анодом одного газового промежутка и катодом другого (рис. 2). Стабилитроны обеспечивают хорошее постоянство напряжения на своих зажимах. Неоновые лампочки-индикаторы в радиоустройствах и длинные трубки, образующие буквы реклам, — все это в принципе лампы с холодным катодом.

Существуют и трехэлектродные лампы с холодным катодом. В этих лампах в отличие от вакуумных триодов сетка служит для иных целей: она облегчает зажигание тлеющего разряда

в баллоне лампы. Для этого на сетку лампы подается относительно небольшое напряжение, достаточное для пробоя маленького промежутка сетка-катод. Разряд, начавшийся в этой области, немедленно распространится на весь баллон лампы: лампа зажигается. Но после этого сетка теряет свои управляющие свойства, и никаким отрицательным потенциалом, поданным на нее, не удастся погасить разряд в лампе. Действительно, заряжая сетку отрицательно, мы тем самым направим к ней поток положительных ионов. Они бомбардируют сетку и создают значительный сеточный ток, что может привести к недопустимо большой термоэлектронной эмиссии с сетки и разогреву вывода сетки. «Гасят» трехэлектродную лампу с холодным катодом снятием напряжения с анода. Трехэлектродные лампы такого типа применяют в устройствах, где с помощью небольших напряжений нужно манипулировать большими токами.

Большое распространение начинают получать лампы с холодным катодом в электронной счетной технике. Так, например, любой электронный счетчик нуждается в индикаторе, указывающем результат счисления. В настоящее время создана лампа с холодным катодом, называемая *дигитрон*, заменяющая механические индикаторы и неоновые лампы, применяемые обычно в счетчиках.

По своему устройству дигитрон похож на обычную двухэлектродную лампу с холодным катодом, только имеет не один, а несколько отдельных катодов и один общий анод. Анод дигитрона выполнен в виде сетки, окружающей катоды, а каждый из катодов имеет очертания цифры, буквы или какого-либо знака. При подаче на соответствующий катод достаточного напряжения газ ионизируется и вокруг катода возникает свечение. В зависимости от формы катода светящаяся зона принимает вид цифры, буквы или знака. Дигитроны делают нескольких типов: для индикации букв, цифр и т. п. Они дают четкое изображение, хорошо видимое на большом расстоянии от прибора, и устойчиво работают при высокой скорости счета.

## ФОТОЭЛЕМЕНТЫ <sup>1</sup>

Слово фотоэлемент является общим названием многочисленной группы электронных приборов, так или иначе реагирующих на свет.

У некоторых фотоэлементов (рис. 1) есть фотокатоды, которые при их освещении испускают электроны, причем количество излучаемых электронов пропорционально интенсивности освещения. Подобные фотоэлементы получили название фотоэлементов с *внешним фото-*

*эффектом* (рис. 1) (электроны вылетают из катода во внешнее пространство). Фотоэлементы этого типа находят теперь широчайшее применение. Например, они используются в звуковом кино, где превращают оптическую запись — фонограмму — в электрические колебания звуковых частот.

В фотоэлементах другого типа (рис. 2) под воздействием освещения не происходит вылета электронов во внешнее пространство. Их освещение приводит лишь к тому, что некоторая часть электронов, ранее связанных с атомами вещества, вырывается из этих связей и сво-

<sup>1</sup> Левитин Е. А., Электронные лампы, Госэнергоиздат, 1960 (Массовая радиобиблиотека).

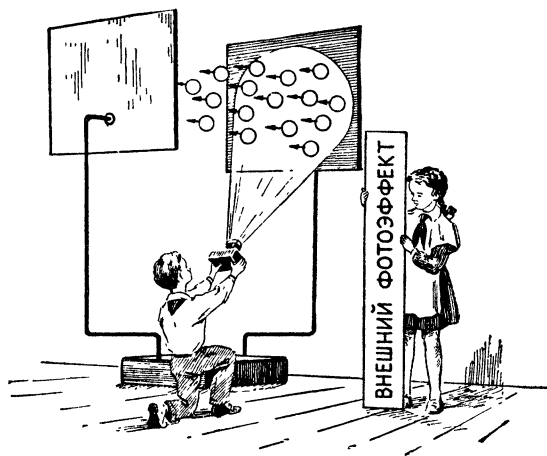


Рис. 1.

бодно передвигается внутри вещества, т. е. получает возможность образовывать электрический ток. У этих фотоэлементов под воздействием освещения изменяется электропроводимость (изменяется сопротивление электрическому току). Фотоэлементы такого типа получили название фотоэлементов с *внутренним фотоэффектом*, так как «освобожденные» в результате освещения электроны остаются внутри тела. Их называют также фоторезисторами (фотосопротивлениями). Такие фотоэлементы тоже находят применение в технике; в частности, они используются в некоторых телевизионных передающих трубках (видиконах).

К числу фотоэлементов с внутренним фотоэффектом относятся также фотоэлементы с запирающим слоем (с *p-n* переходом — см. стр. 113). При освещении они сами становятся источниками электроэнергии. Фотоэлементы этого типа называют *вентильными*. Такие фотоэлементы (селеновые) работают в фотозэкспонетрах, при помощи которых определяют экспозицию при фотосъемке. Кремниевые фотоэлементы такого же типа известны под названием солнечных батарей (см. стр. 138). Они применены для питания радио- и электроаппаратуры в искусственных спутниках земли, на космических ракетах-лунниках и начинают использоваться для питания переносных радиоприемников.

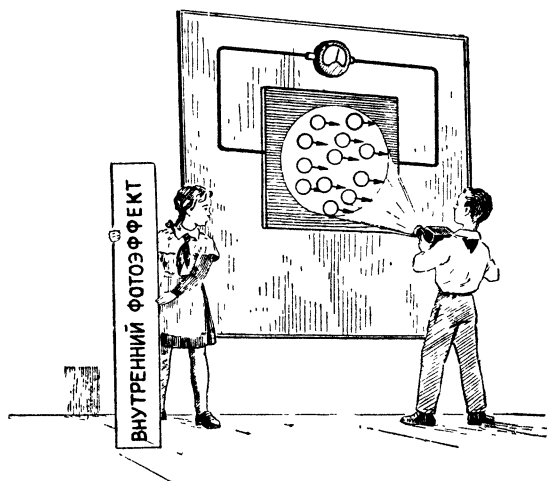


Рис. 2.

Следует отметить, что термин «освещение» в известной степени условен. Его не нужно понимать как воздействие только видимыми световыми лучами. Фотоэлементы реагируют на воздействие и инфракрасными, и ультрафиолетовыми лучами.

Рассмотрим фотоэлементы с внешним фотоэффектом.

Их работа основана на использовании фотоэлектронной эмиссии — наблюдающегося у некоторых металлов излучения электронов под воздействием падающих на них лучей света.

Наиболее распространенным материалом для фотокатодов служит цезий, обычно в соединениях с другими веществами. Чаще других применяются кислородно-цезиевые и сурьмяно-цезиевые катоды (рис. 3).

Основой фотоэлемента служит стеклянный баллон, примерно половина внутренней поверхности которого покрывается светочувствительным слоем и образует фотокатод. Лучи, попадая через прозрачную часть баллона на фотокатод, вырывают из него электроны, количество которых пропорционально интенсивности облучения (при освещении видимыми световыми лучами — пропорционально силе света). Для вывода электронов во внешние цепи служит небольшой анод, обычно кольцеобразной формы, располагающийся в середине баллона. Кольцеобразная форма дается аноду для того, чтобы он не являлся препятствием для лучей, падающих на катод. Между катодом и анодом прикладывается напряжение около 150—250 в, в результате действия которого все электроны, вырванные светом из катода, устремляются к аноду и образуют ток во внешней цепи, соединяющей анод с катодом.

Эмиссия электронов из фотокатодов сравнительно незначительна, поэтому токи, даваемые фотоэлементами, малы. Чтобы несколько увеличить их, в баллоны фотоэлементов иногда вводят некоторое количество какого-нибудь инертного газа, например аргона (рис. 4). Такие фотоэлементы носят название *газонаполненных*. Увеличение анодного тока происходит в газонаполненных фотоэлементах вследствие ионизации газа. Вырванные из катода электроны сталкиваются на своем пути к аноду с частицами газа и выбивают из них электроны — один или несколько. Эти электроны, появившиеся в результате ионизации, включаются в общий электронный поток и устремляются к аноду. В то же время положительные ионы (атомы газа, потерявшие часть своих электронов), притягиваются к отрицательно заряженному катоду, ударяются об его поверхность и выбивают из нее еще некоторое количество электронов, которые тоже устремляются к аноду. Оставшиеся свободными электронные орбиты положительных ионов заполняются при этом электронами, но количество выбитых электронов бывает большим, чем нужно для заполнения пустых орбит у ионов. Поэтому электронный поток в газонаполненном фотоэлементе при одинаковой интенсивности облучения бывает значительно больше, чем в вакуумном. В фото-

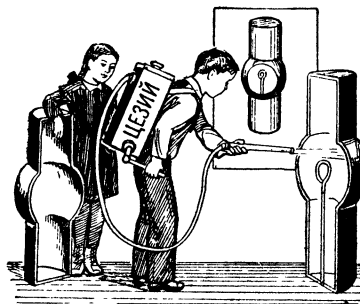


Рис. 3.

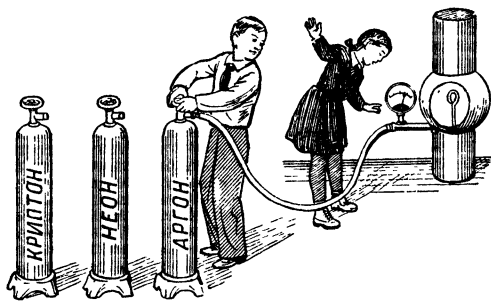


Рис. 4.

элементах, содержащих газ под давлением порядка  $10^{-2}$  мм рт. ст., удается добиться увеличения тока в 5—8 раз по сравнению с вакуумными фотоэлементами.

Газонаполненные фотоэлементы легко отличить от вакуумных по букве «Г», имеющейся в их обозначении. Эта буква обозначает «газонаполненный». Так, например, обозначение ЦГ-3 расшифровывается как фотоэлемент цезиевый, газонаполненный, третий тип.

Но и газонаполненные фотоэлементы дают очень небольшие токи, измеряемые микроамперами. Поэтому при их использовании приходится применять ламповые усилители.

Фотоэлементы находят в современной науке и технике самое широкое и разнообразное применение. В особенности расширились области применения фотоэлементов в последние годы в связи с массовым применением автоматизированных устройств. Существенной частью таких устройств во многих случаях является именно фотоэлемент.

Фотоэлементы позволили осуществить одно из величайших достижений современной техники — телевиде-

ние. Однако в телевидении трудно применять фотоэлементы того вида, с которым мы познакомимся. По току катода фотоэлемента нельзя судить о том, как освещены его отдельные участки. Фотоэлемент регистрирует лишь суммарную освещенность всей поверхности его катода. Если бы мы хотели осуществить при помощи фотоэлементов «видящее» устройство, то от каждой точки изображения надо было бы получить отдельный ток, который не смешивался бы с токами от других точек. Так устроен и наш глаз. Сетчатая оболочка глаза, на которую хрусталиком проектируется изображение, представляет собой собрание миллионов светочувствительных окончаний зрительного нерва, причем от каждого из этих окончаний в мозговые центры идет отдельное нервное волокно, отдельный «провод», по которому передается информация о количестве света, воспринятого данным окончанием.

Первоначально проекты телевизионных устройств представляли собой в сущности повторение устройства глаза. В них применялось по возможности большее количество фотоэлементов, расположенных на плоскостях в шахматном порядке. На эту плоскость проектировалось передаваемое изображение. Каждый фотоэлемент воспринимал такое количество света, какое соответствовало спроектированной на него части изображения. От всех фотоэлементов шли отдельные провода к усилителям и далее к лампочкам, размещенным в таком же шахматном порядке, как фотоэлементы. Яркость свечения лампочки зависит от количества света, упавшего на соединенный с нею фотоэлемент.

Разумеется, такую систему осуществить нельзя. Если применить незначительное количество фотоэлементов и лампочек, то изображение будет слишком грубым, нечетким. Применить же такое их количество, какое нужно для достаточной четкости передаваемых изображений (несколько сотен тысяч), практически невозможно.

Техника решила эту задачу иначе. Об этом мы узнаем в главе о телевидении.

## ТРАНЗИСТОР?... ЭТО ОЧЕНЬ ПРОСТО! <sup>1</sup>

*Отрывки из бесед молодого преподавателя по радиоэлектронике Любознайкина с его первым учеником — Незнайкиным, который уже успел изучить с помощью Любознайкина основы радиотехники и теперь работает монтажником на заводе, выпускающем радиоприемники.*

### ТРЕХЛАПОЕ СОЗДАНИЕ

**Незнайкин.** — Ну, начнем хотя бы с того, что полупроводник должен иметь сопротивление, во много раз большее, чем у проводников, но и значительно меньшее, чем у изоляторов.

**Любознайкин.** — Правильно, но это слишком общее определение. Чтобы быть более точными, скажем, что у такого полупроводника, как германий (который в основном используется для производства транзисторов), удельное сопротивление в 30 миллионов раз больше, чем у меди, и в миллион миллионов раз меньше, чем у стекла (рис. 1).

**Н.** — Одним словом, в таблице удельных сопротивлений он стоит ближе к проводникам, чем к изоляторам?

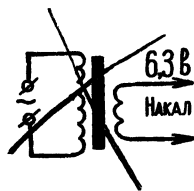
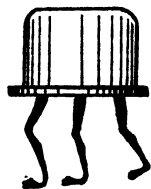
**Л.** — Да, и именно потому, что германий в некоторой мере проводит ток, из него можно делать «трехлапые создания».

**Н.** — Кого ты так называешь?

**Л.** — Такое название можно дать транзисторам (полупроводниковым триодам), так как они имеют три проволочных вывода.

**Н.** — Я слышал, что транзистор заменяет электронную лампу. Может ли он выполнять все ее функции и какие преимущества по сравнению с лампой он имеет?

**Л.** — Ну вот, на меня и обрушился поток вопросов! ...Да, мой дорогой Незнайкин, транзистор, как и электронная лампа, может усиливать и детектировать сигналы; он способен также генерировать электрические колебания; его можно использовать в качестве преобразователя частоты и во всех других случаях, где до сих пор применялись



<sup>1</sup> Айсберг Е., «Транзистор? ... Это очень просто!», изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

вакуумные электронные лампы. Что же касается преимуществ, то у транзисторов их много. Начнем хотя бы с *отсутствия накала*.

**Н.** — Это чудесно! Значит, не нужно больше специального источника для питания накала?

**Л.** — Нет, не нужно, и поэтому транзисторы начинают работать *немедленно*, как только на них подадут напряжение, тогда как на разогрев ламп уходит несколько десятков секунд, пока их катоды не достигнут температуры, необходимой для нормальной эмиссии электронов.

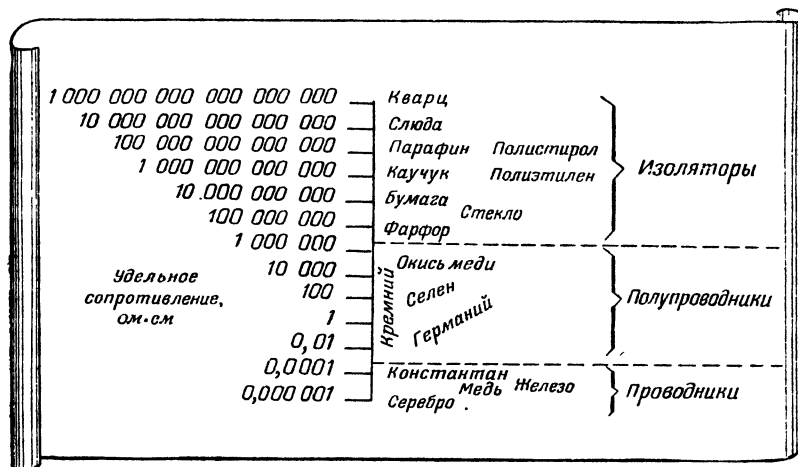


Рис. 1. Удельные сопротивления наиболее распространенных проводниковых, полупроводниковых и изоляционных материалов. Из рисунка видно, что удельное сопротивление полупроводников лежит в очень широких пределах и что они занимают довольно широкую область.

**Н.** — Я думаю, что отсутствие накала должно также повысить *коэффициент полезного действия*, так как при использовании ламп значительная часть энергии источника питания теряется в виде теплоты.

**Л.** — Совершенно верно. Там, где электронная лампа обычно потребляет 2 или 3 *вт*, транзистор удовлетворяется десятками милливатт, т. е. мощностью, в сотни раз меньшей. А вместо 200 *в*, необходимых для приемно-усилительных ламп, транзистору вполне достаточно напряжения до 10 *в*.

**Н.** — Значит, одна или две обычные батарейки для карманного фонаря вполне удовлетворяют скромный аппетит приемника на транзисторах?

**Л.** — Да, именно так питаются портативные приемники.

**Н.** — Можно ли также думать, что транзисторы прочнее и более долговечны, чем электронные лампы, раз у них нет ни обрывающейся нити накала, ни катода, теряющего в конце концов свою эмиссию?

**Л.** — Правильно. Транзистор отличается прочностью (ведь это кусочек германиевого или кремниевого кристалла, снабженный тремя выводами и помещенный в корпус), малым весом и миниатюрностью.

**Н.** — Чудесно! Одни преимущества и нет недостатков!

## ОБОРОТНАЯ СТОРОНА МЕДАЛИ

**Л.** — Вот опасность поспешных выводов! К сожалению, транзистор из германия имеет и недостатки. При температуре выше 55° С его к. п. д. довольно быстро падает; а если температуру поднять выше 85° С, то и после охлаждения он потеряет свои первоначальные качества. Кремниевые транзисторы выдерживают более высокие температуры: их не испугаешь температурой и в 150° С.

**Н.** — Я обещаю тебе никогда не прикасаться своим паяльником к транзистору.

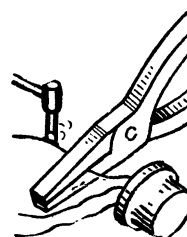
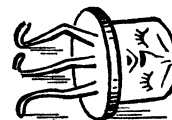
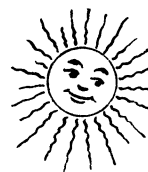
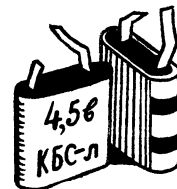
**Л.** — И хорошо сделаешь. Впрочем, при припайке выводов транзистора необходимо перехватить калории, выделяемые жалом паяльника, и не дать им достичь активного элемента транзистора.

**Н.** — А как это сделать?

**Л.** — Очень просто: надо зажать плоскогубцами часть проволочного вывода между транзистором и местом пайки... Кроме того, выводы транзисторов обычно делаются из проволоки, плохо проводящей тепло (но, к счастью, хорошо проводящей ток).

**Н.** — Можно ли в чем-нибудь еще упрекнуть транзистор?

**Л.** — К несчастью, да. Его возможности ограничены по частоте и по мощности. Он не может работать на частотах, превышающих несколько сотен мегагерц...



Н. — Но это не так уж плохо, если вспомнить, что мегагерц — это миллион периодов в секунду.

Л. — Он также не может работать при больших мощностях, так как в этом случае тепло, выделяемое в транзисторе, резко ухудшает его отдачу.

Н. — Не думаешь ли ты, что эти недостатки исключают возможность широкого применения транзисторов?

Л. — Конечно, нет. Уже сейчас транзистор в большинстве случаев может успешно заменить электронную лампу. Но тем не менее я не думаю, что когда-нибудь придет такой день, когда можно будет полностью отказаться от применения электронных ламп...

После этой беседы Незнайкин решил посмотреть, как устроен кристалл полупроводникового вещества, и с этой целью посетил Политехнический музей, где среди прочих экспонатов увидел модели атомов и кристаллических решеток различных веществ. Его особое внимание привлекла модель строения кристалла германия. Покинув залы музея, он поспешил встретиться со своим учителем, чтобы поделиться новыми впечатлениями.

Н. — Эти модели очень красивы: разноцветные маленькие шарики, изображающие атомы, соединены металлическими трубочками, представляющими валентные связи.

Л. — Поздравляю, что ты с такой пользой провел свой досуг. А к чему же привели твои размышления?

Н. — К идее, что кристалл германия похож на большое количество семей, каждая из которых имеет по четверо детей, а каждый из детей одной семьи супружескими узами с одной из четырех соседних семей. Таким образом, по супружеским связям каждая из семей породнилась с четырьмя другими (рис. 2).

Л. — Ты нарисовал совсем неплохую картину, она даже поможет объяснить тебе дальнейшее. Действительно, в описанном тобой исключительно уравновешенном обществе нельзя ожидать больших потрясений, если все пары будут сохранять безупречную верность. И в кристалле германия все электроны должны оставаться крепко привязанными к своим атомам прочными валентными связями.

Н. — Но что ты сделаешь с человеческими страстями?

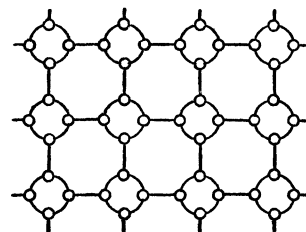


Рис. 2. Так схематически может быть изображена кристаллическая решетка, хотя в действительности межатомные связи расположены не в одной плоскости, а в пространстве.

## О НЕСКОЛЬКИХ РАЗВОДАХ

Л. — Ты, как я вижу, прочитал какой-нибудь сентиментальный роман... Ну, ладно. Точно так же, как людьми движут страсти, атомы подвержены тепловому воздействию, которому время от времени удается вырвать из той или иной связи электрон и освободить его. А ты знаешь, что когда электроны свободны...

Н. — ...тело становится проводником тока. Много ли свободных электронов в германии при нормальной температуре?

Л. — Нет, очень мало. Едва ли два электрона на 10 миллиардов (т. е. на  $10^{10}$ ) атомов. Это примерно такое соотношение, как если бы на удвоенное население земного шара был только один свободный человек.

Н. — Какая ужасная картина! Но если это так, то германий должен быть очень плохим проводником?

Л. — Да, и именно по этой причине его называли полупроводником. Заметь, однако, что в одном грамме германия имеется десять тысяч миллиардов миллиардов ( $10^{22}$ ) атомов, так что в нем содержится около двух тысяч миллиардов (или  $2 \cdot 10^{12}$ ) свободных электронов. Это лучше, чем ничего, ..., и такого количества достаточно, чтобы пропускать небольшой ток.

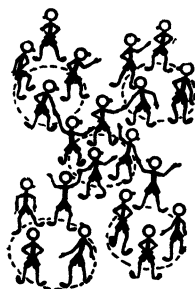
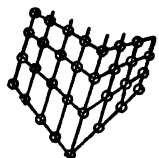
Н. — Ты говоришь мне о миллиардах миллиардов электронов и утверждаешь, что ток небольшой!

Л. — Значит, ты, Незнайкин, забыл, что ток в один ампер соответствует прохождению шести миллиардов миллиардов (или  $6 \cdot 10^{18}$ ) электронов в секунду. Ты, конечно, поймешь, что несколько жалких тысяч миллиардов свободных электронов, разбросанных в колоссальной кристаллической решетке германия, могут создать только небольшую проводимость. Последняя обязана своим существованием тепловому движению и (обрати на это внимание) носит название *собственной проводимости*.

Н. — Одним словом, дело обстоит так, как если бы в нашем образцово организованном обществе изредка случались разводы и повторные браки, определяющие переходы из одной семьи в другую.

Л. — Это тоже правильно. А чтобы лучше использовать твоё сравнение, скажем, что иногда там может, как пишут в романах, дуть «знойный ветер страстей», вызывающий большие потрясения.

Н. — Я догадываюсь, что ты хочешь сказать. Если повышать температуру кристалла германия, то тепловое движение, становясь быстрее, высвобождает большее количество электронов. Собственная проводимость в этом случае повышается. В отличие от того, что



имеет место в проводниках, сопротивление полупроводников при повышении температуры уменьшается.

**Л.** — Ты хорошо рассудил, Незнайкин! Именно поэтому германий плохо работает при повышенных температурах. Нас в германии интересует не его собственная проводимость, потому что не ее используют в транзисторах. Я добавлю, что можно также высвобождать электроны, воздействуя на атомы полупроводника не тепловой, а световой энергией.

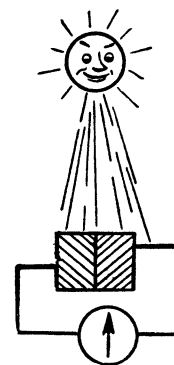
**Н.** — Не хочешь ли ты сказать, что фотоны, эти зернышки света, бомбардируя атомы германия, вырывают из них электроны?

**Л.** — Да. Это свойство германия позволяет делать из него фоторезисторы, т. е. приборы, сопротивление которых изменяется под воздействием света. В наиболее старом из известных фотоэлементов используется селен, который также является полупроводником.

**Н.** — Впрочем, я пользуюсь фотоэкспонетром, в котором установлен такой элемент...

**Л.** — Фотоэлемент в твоём экспонетре, очевидно, сделан не из селена, а, возможно, из кадмия или кремния. Эти вещества позволяют создавать генерирующие фотоэлементы, т. е. устройства, преобразующие световую энергию в электрический ток.

**Н.** — Не такие ли элементы, освещаемые солнцем, питают электрическим током космические станции?



### СКАНДАЛ МНОГОЧИСЛЕННЫХ СЕМЕЙ

**Л.** — Да, Незнайкин. А теперь мы станем свидетелями смуты в нашем так хорошо организованном обществе, введя в него семью с пятью детьми.

**Н.** — Что ты хочешь этим сказать?

**Л.** — Что среди атомов даже самого чистого германия содержатся в самых малых количествах атомы других элементов, именуемых *примесями*. В самом чистом германии на миллиард атомов имеется один атом примеси.

**Н.** — Стоит ли обращать внимание на такую малость? Ведь это все равно, что их вообще нет.

**Л.** — Ты неправ, когда пренебрегаешь этими примесями, потому что даже при такой ничтожной пропорции в одном кубическом сантиметре германия, который называют *чистым*, содержится пятьдесят тысяч миллиардов чужеродных или, как их называют, *примесных атомов*.

**Н.** — Я не думал, что этот кубический сантиметр содержит тысячи миллиардов атомов... Но что делает семья с пятью детьми? Ты хочешь сказать, что речь идет об атоме с пятью электронами на внешней оболочке?

**Л.** — Совершенно верно. Один пятивалентный атом, например атом мышьяка или сурьмы, проник в благородное общество атомов германия (рис. 3), ... и скандал разразился!

**Н.** — Очевидно потому, что если удастся переженить четырех детей этой странной семьи с детьми четырех соседних семей, то пятый остается безнадежным холостяком?

**Л.** — Да, Незнайкин, четыре электрона образуют валентные связи с четырьмя соседними атомами кристаллической решетки, а пятый электрон остается свободным.

**Н.** — Если я правильно понимаю, то, прилагая напряжение между двумя точками кристалла, можно создать в нем ток, ибо свободные электроны, появившиеся благодаря пятивалентным элементам, будут притягиваться положительным полюсом, а отрицательный полюс источника тока одновременно выпустит в кристалл такое же количество электронов (рис. 4).

**Л.** — Да, такое явление происходит в полупроводнике, содержащем пятивалентные примеси, т. е. примеси с избытком электронов. Говорят, что это полупроводник типа *n* (от слова negative — отрицательный). А такие примеси часто называются *донорами*, так как они дают свободные электроны.

**Н.** — Каково обычное содержание примесей?

**Л.** — Максимум один атом на десять миллионов атомов германия, т. е. такая же пропорция, как четыре человека на все население Франции.

**Н.** — Да, однако в этом случае мы получим примесей в сто раз больше, чем их содержится в самом чистом германии. Но что станет с атомом примеси, например мышьяка,

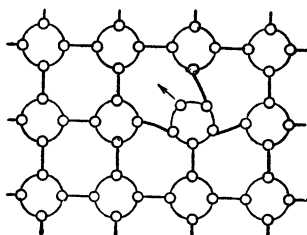


Рис. 3. Пятивалентный примесный атом нарушил безукоризненный порядок в кристаллической решетке.

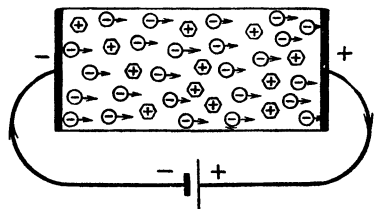
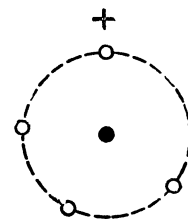
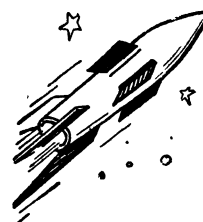


Рис. 4. Проводимость полупроводника типа *n*. Свободные электроны (обозначены знаком —) отрываются от пятивалентных атомов, которые из-за этого становятся положительными ионами (обозначены знаком +).





у которого оторвался свободный электрон? По-моему, этот атом перестанет быть нейтральным и, имея теперь электронов меньше, чем протонов, сделается положительно заряженным.

Л. — О, да. Как бы ни казался парадоксальным этот факт, а в германии типа *n* атомы примеси оказываются ионизированными положительно.

## ИСТОРИЯ С ПОХИЩЕНИЕМ ДЕТЕЙ

Н. — А что случится с нашим кристаллическим обществом, если одна из семей будет иметь лишь трех детей, иначе говоря, если в кристалл полупроводника ввести атомы, имеющие на внешних оболочках только по три электрона?

Л. — Разразившийся скандал будет ничуть не меньше, чем в случае со слишком многочисленными семьями. Этот трехвалентный атом образует валентные связи с тремя соседними атомами, а в районе четвертого, атома образуется брешь, или *дырка*, которую легко мог бы заполнить какой-нибудь посторонний электрон (рис. 5).

Н. — Короче говоря, эта семья с тремя детьми всемерно стремится усыновить четвертого чтобы следовать традиции общества или, вернее, чтобы сообразоваться с его общей организацией. Но если она «позанимается» одного из детей чужой семьи, то у последней в свою очередь образуется дырка.

Л. — Разумеется, и эти заимствования или похищения детей могут тоже перемещаться с одного конца кристалла на другой.

Н. — Если, как я предполагаю, к кристаллу приложить напряжение.

Л. — Очевидно. Но проследи внимательно, что происходит в этом случае (рис. 6). Придя с той стороны, где находится отрицательный полюс, электрон заполнил дырку трехвалентного атома. Следовательно, электрон приблизился к положительному полюсу, тогда как новая дырка образовалась в соседнем атоме, расположенном ближе к отрицательному полюсу. Затем это явление повторяется. Новая дырка в свою очередь заполняется электроном, приблизившимся таким образом к положительному полюсу, а образовавшаяся при этом дырка оказалась еще ближе к отрицательному полюсу. И когда в итоге такого путешествия электрон достигает положительного полюса, откуда он направляется в источник тока, дырка достигает отрицательного полюса, где она заполняется электроном, поступившим из источника тока.

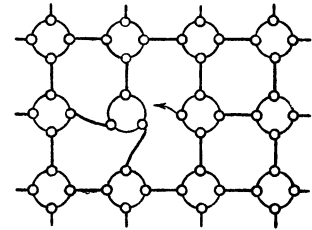


Рис. 5. В кристаллической решетке полупроводника имеется трехвалентный примесный атом, который стремится притянуть к себе электрон от соседнего атома.

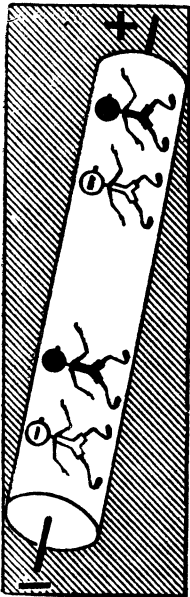
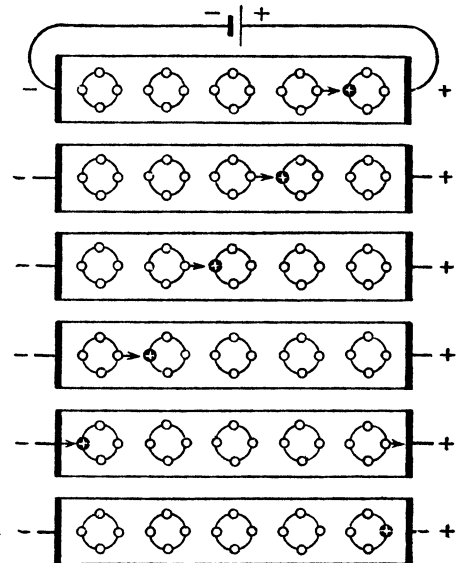


Рис. 6. В полупроводнике типа *p* трехвалентный примесный атом захватывает электрон соседнего атома полупроводника, оставляя там дырку, которая в свою очередь заполняется электроном, оторвавшимся от соседнего атома, и т. д. На рисунке показаны последовательные фазы этого процесса, когда дырка, представляющая собой положительный заряд, перемещается от положительного полюса к отрицательному. В последней фазе электрон, поступивший из источника тока, заполняет ближайшую к отрицательному полюсу дырку, а другой электрон покидает ближайший к положительному полюсу атом, на его месте возникает новая «дырка», и все начинается с начала!..



## ДВА ПОТОКА

Н. — Значит, когда электроны, как им и полагается, направляются к положительному полюсу, дырки перемещаются к отрицательному полюсу, как если бы они были положительно заряженными частицами.



**Л.** — Да, действительно, все происходит так, как если бы в полупроводнике с трехвалентными примесями положительные заряды перемещались от положительного полюса к отрицательному.

**Н.** — Таким образом, дырки следуют по условно принятому направлению электрического тока от положительного полюса к отрицательному, тогда как электроны движутся в обратном направлении. Но можно ли сказать, что здесь мы имеем электрический ток, созданный положительными зарядами?

**Л.** — А почему бы и нет? Не надо только забывать, что дырка представляет собой лишь свободное место, предназначенное для электрона.

**Н.** — Я думаю, что полупроводник, содержащий трехвалентные примеси, должен принадлежать к типу *p* (от слова *positive* — положительный).

**Л.** — Да, так его и называют. И раз уж ты сейчас в настроении серьезно поразмыслить, может быть, ты скажешь мне, что происходит с атомами примеси, когда электроны с соседних атомов заполняют их дырки.

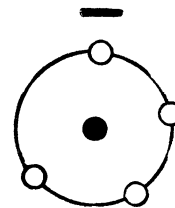
**Н.** — Они становятся отрицательно заряженными ионами, потому что количество электронов стало больше количества их протонов ... Весьма любопытно, что в полупроводнике типа *n* примеси ионизируются положительно, а в полупроводнике *p* — отрицательно.

**Л.** — Я добавлю, что атомы примеси типа *p*, такие как атомы алюминия, галлия или индия, часто называют *акцепторами*, так как они принимают на себя электроны, тогда как атомы примеси типа *n* отдают их полупроводнику.

**Н.** — Я начинаю чувствовать, что в моей голове из всех этих доноров и акцепторов получается винегрет.

**Л.** — Поэтому я дам тебе маленькое мнемоническое правило: в слове «донор» есть буква эн (*n*), а в слове акцептор — буква пэ (*p*).

**Н.** — Спасибо, это несколько облегчает запоминание.



## ПЕРЕХОД, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИЙ СОБОЙ БАРЬЕР

**Л.** — Раз ты уже знаешь нравы кристаллических обществ, спокойствие которых нарушается экстравагантными семьями доноров и акцепторов, рассмотрим теперь, что даст объединение полупроводника типа *n* с полупроводником типа *p*. Представь себе, что взяв пластинку, вырезанную из кристалла чистого германия, я одну ее половину «отравил», введя атомы-доноры (например, атомы мышьяка), а в другую половину ввел атомы-акцепторы (индия, если хочешь). Зона разграничения между разными типами полупроводников носит название *p-n* перехода. Его толщина порядка 0,3 мкм, но такая ничтожная протяженность зоны *p-n* перехода не мешает ей играть колоссальную роль.

⊖ Электрон

⊕ Дырка

⊕ Ионизированный донор

Δ Ионизированный акцептор

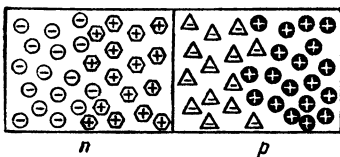
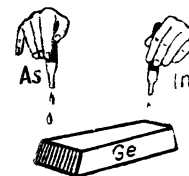


Рис. 7. Дырки области *p* отталкиваются от *p-n*-перехода, оставляя возле него отрицательные ионы акцепторной примеси. Точно так же свободные электроны области *n* отталкиваются от перехода, оставляя возле него положительные ионы донорной примеси. Запомните хорошо принятое здесь четыре условных обозначения, так как они используются на следующих рисунках.

**Н.** — Значит, в прилегающем к переходу пространстве области *p* все атомы-акцепторы будут заполнены, т. е. ионизированы отрицательно. Точно так же в области *n* все атомы-доноры вблизи перехода потеряют по электрону, что сделает их положительными ионами. В то же время свободные носители электрических зарядов (электроны и дырки) в области *p-n* перехода отсутствуют, так как заряды ионов примесей оттолкнули их отсюда к краям кристалла. Все это очень любопытно: наш переход превращается в своего рода барьер между двумя областями, из которых одна с отрицательным, а другая с положительным потенциалом.

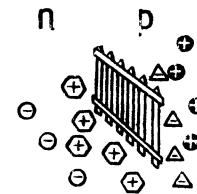


**Н.** — Я не вижу в этом переходе ничего особенного. В каждой половине нашей пластинки электроны будут продолжать свои короткие прогулки, совершенно не ведая, что происходит в его второй половине.

**Л.** — Ошибаешься, друг мой. Обычный тепловой ток в этом случае будет сопровождаться другим явлением. Отрицательно ионизированные примесные атомы области *p* оттолкнут от перехода свободные электроны в область *n*.

**Н.** — Правда, а я и не подумал об этом взаимном отталкивании одноименных зарядов... Но в этом случае положительно ионизированные атомы области *n* должны оттолкнуть от перехода дырки в область *p*.

**Л.** — Правильно, эти дырки (которые можно рассматривать как элементарные положительные заряды) отталкиваются. В действительности же положительные ионы области *n* притягивают электроны области *p* к переходу, в результате чего имеющиеся там дырки заполняются. Вырванные таким образом электроны оставляют дырки на удаленных от перехода атомах. Но все происходит так, как если бы дырки области *p* ушли от *p-n* перехода (рис. 7).





**Л.** — Да, ты очень хорошо рассудил: переход представляет собой настоящий *потенциальный барьер*. В этом тончайшем слое полупроводника потенциал ионизированных атомов резко переходит от положительного значения (в области *n* — не забудь этого!) к отрицательному (в области *p*). Но в общей сложности кристалл остается нейтральным, так как в целом положительные и отрицательные заряды уравниваются друг друга. Создав в полупроводнике области типа *p* и типа *n*, мы просто вызвали перемещение подвижных зарядов в оба конца каждой области, тогда как в отсутствие *p-n* перехода заряды распределяются равномерно по всему кристаллу.

**Н.** — Все это представляется мне совершенно ясным, но какая нам польза от этого перехода с его потенциальным барьером?

**Л.** — Ты сразу же ее обнаружишь, если приложишь к *p-n* переходу напряжение.

## ЭЛЕКТРОНЫ И ДЫРКИ НА ПРОГУЛКЕ

**Н.** — Я предполагаю, что мы получим ток, образуемый свободными электронами области *n* и дырками области *p*, причем одни движутся в одну, а другие — в обратную сторону.

**Л.** — Сказанное тобой может быть правильно, но ты слишком спешешь. Сначала необходимо рассмотреть порознь, что происходит в нашем полупроводнике с *p-n* переходом при одной и другой полярности приложенного напряжения. Первоначально допустим, что положительный полюс источника напряжения соединен с областью *p*, а отрицательный полюс с областью *n* (рис. 8).

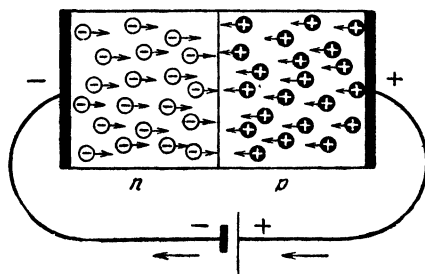


Рис. 8. Прохождение тока через *p-n* переход. На рисунке обозначены только носители зарядов: электроны (помечены знаком минус) и дырки (помечены знаком +); доноры области *n* и акцепторы области *p* для большей ясности опущены.

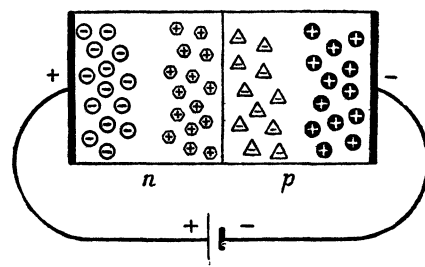
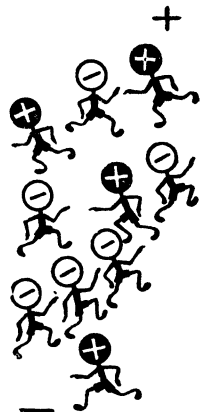


Рис. 9. Прилагая к *p-n* переходу обратное напряжение, мы оттягиваем электроны и дырки от границы раздела двух областей (*p-n* перехода). Вследствие этого «потенциальный барьер», высота которого повышается, препятствует прохождению тока.



**Н.** — Хорошо. В области *n* свободные электроны полупроводника будут отталкиваться в сторону перехода электронами, поступающими из источника напряжения. Они пересекут переход и примутся заполнять дырки, которые положительный потенциал источника подогнал к этому переходу.

**Л.** — Чтобы быть более точными, скажем, что положительный полюс источника будет притягивать к себе электрон каждый раз, когда другой электрон преодолит переход, перепрыгнув из области *n* в область *p*. Электрон, притянутый источником, создает дырку, которая будет заполнена электроном, расположенным ближе к переходу, на месте этого электрона возникнет дырка и т. д.; дырка будет перемещаться в сторону перехода, пока она не будет заполнена там новым электроном, пришедшим из области *n*.

**Н.** — Следовательно, я был абсолютно прав, когда сказал, что возникает ток, образуемый электронами и дырками, перемещающимися в противоположных направлениях.

**Л.** — Да, это правильно, когда прикладывают, как мы это сейчас сделали, напряжение в *прямом направлении*, т. е. присоединяют положительный полюс источника к области *p*, а отрицательный полюс — к области *n*. Но если приложить напряжение в *обратном направлении*, то результат будет иным (рис. 9).

**Н.** — Почему же? Электроны отрицательного полюса источника притянут дырки области *p* ближе к концу пластинки из полупроводника. А к другому концу пластинки положительный потенциал источника притянет свободные электроны. Вот неожиданность! ...Ведь при этом ни электроны, ни дырки не будут пересекать переход, а потенциальный барьер только увеличится, значит, никакого тока мы не получим!

**Л.** — Не я заставлял тебя говорить это. Ты сам видел, что ток может установиться только при приложении прямого напряжения, когда положительный полюс соединяется

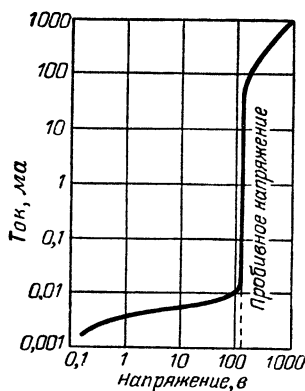


Рис. 10. Зависимость обратного тока через  $p$ - $n$  переход от приложенного напряжения. Кривая построена не в линейном, а в логарифмическом масштабе.

ток пойдет через него во время одного полупериода, когда напряжение будет прямым, но не пойдет во время другого полупериода при обратной полярности напряжения (рис. 11).

Н. — Как через любой диод?

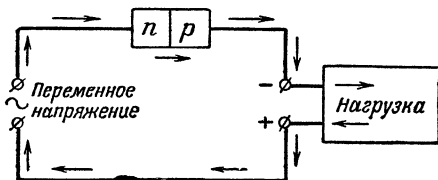


Рис. 11. Полупроводниковый диод может служить выпрямителем, так же как и вакуумный диод, но в отличие от последнего он не требует напряжения накала. На рисунке показан однополупериодный выпрямитель.



Рис. 12. Условное обозначение полупроводникового диода выбрано с учетом условного направления тока от положительного полюса к отрицательному, которое не соответствует истинному направлению движения электронов.

Л. — Совершенно верно. И именно поэтому  $p$ - $n$  переход является основной частью полупроводникового диода (рис. 12). Как и любой другой диод, он может служить детектором (рис. 13). Он прекрасно выполняет функции детектора, а на очень высоких частотах — даже лучше, чем вакуумные диоды.

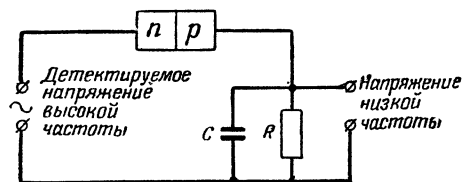


Рис. 13. Полупроводниковый диод используется в качестве детектора. Детектированное напряжение выделяется на резисторе  $R$ , высокочастотная пульсация сглаживается конденсатором  $C$ .

Н. — А можно ли использовать переходы в качестве выпрямителей относительно больших токов, например вместо кенотронов, выпрямляющих анодное напряжение?

Л. — Это широко распространено. Кремниевые, купроксные и селеновые выпрямители с успехом заменяют кенотронные, причем они прочнее, экономичнее, а их срок службы значительно больше.

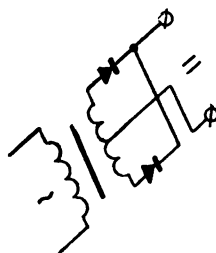
Н. — Если это так, то я без колебаний провозглашаю: «Да здравствуют полупроводники!»

После небольшого перерыва наши друзья встретились вновь и продолжают беседу об устройстве и работе транзисторов.

## ГЛУПАЯ ШУТКА

Л. — Здравствуй, Незнайкин! Почему ты опоздал и почему у тебя такой разъяренный вид?

Н. — Есть отчего ... Знаешь ли ты, что на вашу улицу нельзя больше проехать на автомобиле?





$$\begin{aligned} \text{np} + \text{pn} &= \text{npn} \\ \text{pn} + \text{np} &= \text{pnp} \end{aligned}$$

Л. — На ней одностороннее движение, но достаточно выехать на нее в разрешенном направлении, чтобы ...

Н. — Нет больше разрешенного направления! Эти регулировщики, которые несомненно считают себя большими остряками, повесили и на другом конце знак «Въезд запрещен», так что теперь въезд на вашу улицу закрыт с обеих сторон.

Л. — Ну, это, может быть, просто шутка одного из тех, кому надоел шум автомобилей... и теперь мы в тишине сможем, наконец, рассмотреть принцип работы транзистора.

Н. — Я горю от нетерпения узнать, как устроено это «трехлапое создание».

Л. — Ну, в этом нет ничего сложного. Транзистор состоит из двух противоположно направленных *p-n* переходов. Можно, например, объединить два *p-n* перехода таким образом, что их область *p* окажется общей; в результате получим транзистор структуры *n-p-n* (рис. 14).

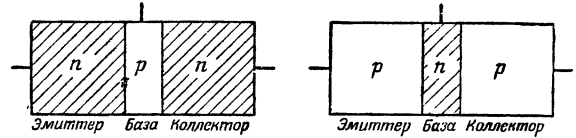


Рис. 14. Структуры транзисторов *n-p-n* и *p-n-p*.

Н. — Я думаю, что точно так же от объединения области *n* двух *p-n* переходов мы получим транзистор структуры *p-n-p*.

Л. — Естественно. Я добавлю, что одна из внешних областей называется *эмиттером*, а другая — *коллектором*, средняя же область, которая должна быть очень тонкой (и я прошу тебя обратить на это условие особое внимание), называется *базой*.

Н. — Одним словом, транзистор представляет собой своеобразный бутерброд из двух толстых кусков хлеба, между которыми положен тоненький кусочек ветчины.

Л. — Да, если хочешь.

Н. — Но позволь мне сказать, что твой бутерброд так же несъедобен, как недоступна для машин ваша улица.

## НЕПРОНИЦАЕМЫЙ БУТЕРБРОД

Л. — На что ты намекаешь, уважаемый друг?

Н. — Очень просто: два направленных в противоположные стороны перехода закрывают путь току в обоих направлениях точно так же, как и два знака «въезд запрещен» лишают возможности выехать на вашу улицу, с какой бы стороны ты ни пытался это сделать.

Л. — Твои рассуждения не лишены логики. В заключение ты, может быть, заподозришь меня в авторстве этой глупой шутки, которую я якобы сделал с единственной целью облегчить тебе понимание принципа работы транзистора?... Дело заключается в том, что если прикладывать напряжение к транзистору между эмиттером и коллектором, то при любой полярности для одного из переходов это напряжение будет прямым, а для другого перехода обратным, т. е. транзистор будет препятствовать прохождению тока (рис. 15).

Н. — Например, если к транзистору *n-p-n* мы приложим напряжение так, чтобы слева был отрицательный, а справа положительный полюс, то первый переход (*n-p*) свободно пропустит электроны слева направо. Но второй переход (*p-n*) решительно закроет им дорогу. Однако не найдется ли, тем не менее, нескольких шустрых электронов, которым, несмотря на все, удастся циркулировать в цепи?

Л. — Да, такие электроны всегда имеются. Они проложат себе дорогу благодаря тепловому воздействию, которое поможет им преодолеть *p-n* переход. Эти циркулирующие электроны образуют то, что называется *сквозным током* или *током насыщения*<sup>1</sup>.

Н. — Чем вызвано последнее название? Может быть, этот ток так велик?

Л. — Напротив, он чрезвычайно мал. Но он практически не зависит от величины приложенного напряжения. Повысь напряжение, а ток останется почти таким же. Под «насыщением» в данном случае понимают то, что все свободные электроны, способные при данной температуре преодолеть потенциальный барьер, участвуют в образовании тока.

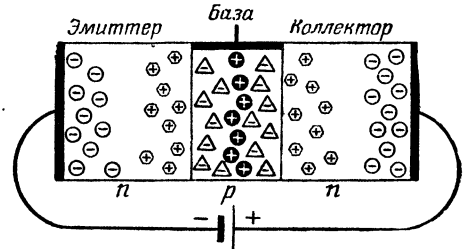


Рис. 15. Потенциальные барьеры в транзисторе, электроны, дырки, положительные ионы (доноры) и отрицательные ионы (акцепторы).

<sup>1</sup> В этом месте Любознайкин допускает неточность. Током насыщения, о котором идет речь ниже, называют ток, который проходит при приложении обратного напряжения только к одному *p-n* переходу, т. е. между средним выводом транзистора (базой) и одним из крайних. (Прим. ред.)

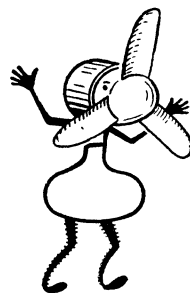
Н. — А если температура повысится...

Л. — ... величина тока насыщения также возрастет. Впрочем, может случиться, что при большом напряжении выделяемая этим током мощность вызовет дополнительное нагревание переходов, которое повлечет за собой дальнейшее увеличение тока ...

Н. — ... что в свою очередь повысит температуру переходов и т. д.

Л. — Да, в этом случае говорят о наступлении тепловой неустойчивости, которая может привести к разрушению транзистора (так называемому *тепловому пробую*). Поэтому при повышенной температуре не следует прилагать к транзистору чрезмерно больших напряжений. Следует также заботиться об отводе тепла.

Н. — Я обещаю тебе установить вентиляторы в моей аппаратуре на транзисторах ... Однако пока я не вижу пользы от этих полупроводниковых бутербродов.



## В ОСНОВЕ ВСЕГО ... БАЗА

Л. — Это потому, что ты пока не добрался до ветчины ... я хочу сказать — до тонкой средней области, находящейся между обоими переходами, которую мы назвали базой. Приложим теперь в прямом направлении небольшое напряжение между эмиттером и базой (рис. 16).

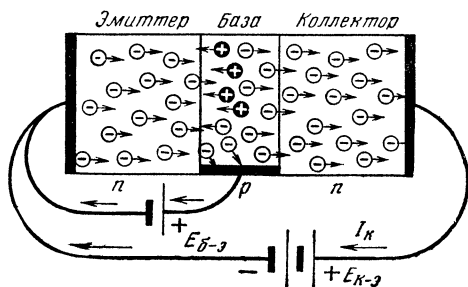


Рис. 16. Создавая поток электронов из эмиттера в базу, источник тока с напряжением  $E_{б-э}$  открывает им дорогу через коллектор.

в этом в соответствии с механизмом, который мы рассмотрели в прошлый раз, через вывод базы будет выходить небольшой ток базы  $I_б$ . Большинство же проникших в базу электронов продолжит свое движение и проникнет в коллектор, откуда они будут извлечены куда более высоким потенциалом источника напряжения  $E_{к-э}$ . Следовательно, они преодолят потенциальный барьер второго перехода и, пройдя через коллектор и источник  $E_{к-э}$ , вернутся к эмиттеру.

Н. — Удивительно! Если я правильно понял, то достаточно приложить небольшое напряжение между базой и эмиттером, чтобы открыть электронам путь через второй переход база — коллектор, который в обычных условиях является для них препятствием.

Л. — Да, Незнайкин. Именно в открывании запертого обратным напряжением второго перехода заключается *транзисторный эффект*.

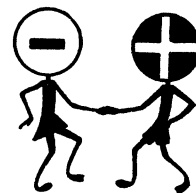
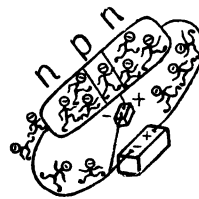
Н. — Я думаю, что дело станет для меня яснее, если ты назовешь мне порядок величин напряжений и токов в транзисторе.

## МИКРОАМПЕРЫ БАЗЫ И МИЛЛИАМПЕРЫ КОЛЛЕКТОРА

Л. — Между базой и эмиттером обычных маломощных транзисторов прикладывают напряжение порядка 0,2 в. При этом в цепи базы проходит ток в несколько десятков микроампер. Напряжение же, прикладываемое между коллектором и эмиттером, может составлять 5—10 в и больше. Ток коллектора бывает от 0,5 ма до нескольких миллиампер<sup>1</sup>.

Н. — Одним словом, эмиттер «впрыскивает» в базу некоторое количество электронов, небольшая часть которых сразу же возвращается к эмиттеру через источник напряжения  $E_{б-э}$  (это те электроны, которые во время своего короткого пробега по базе имели несчастье повстречаться с дырками), но большая часть электронов продолжает свой путь; они пересекают второй переход, входят в коллектор и возвращаются к эмиттеру через источник напряжения  $E_{к-э}$ . Я уже догадался, что усилительное действие транзистора заключается в том, что ток коллектора значительно больше тока базы.

Л. — Ты несколько спешишь, но ты не ошибаешься. Усиление заключается в том, что ток коллектора зависит в основном от тока базы и меняется пропорционально изменению последнего. Вообще ток коллектора в несколько десятков раз больше тока базы. Вот, например, кривая, показывающая, как изменяется ток коллектора в зависимости от



<sup>1</sup> В мощных транзисторах ток коллектора несравненно больше. (Прим. ред.)



тока базы для одного из транзисторов (рис. 17). Будь внимателен, Незнайкин! Ток базы выражен здесь в *микроамперах*, а ток коллектора — в миллиамперах. Проявив достаточную наблюдательность, ты заметишь, что ток коллектора за вычетом начального тока, существующего в отсутствие тока базы, всюду в 50 раз больше тока базы. В этом случае говорят, что *усиление по току* равно 50.

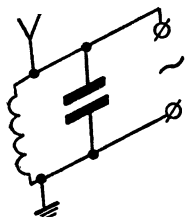
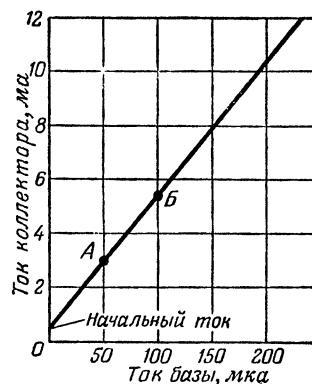


Рис. 17. Зависимость тока коллектора  $I_K$  (в миллиамперах) от тока базы  $I_B$  (в микроамперах). Между точками А и В ток базы увеличивается с 50 до 100  $\mu\text{A}$ , т. е. на 50  $\mu\text{A}$ , или 0,05  $\text{mA}$ . Ток коллектора между этими же точками возрастает с 3 до 5,5  $\text{mA}$ , т. е. на 2,5  $\text{mA}$ . Следовательно, усиление по току составляет  $2,5 : 0,05 = 50$  раз.



Н. — А как снимается такая кривая?

Л. — Очень просто. Изменяя при помощи потенциометра прикладываемое между базой и эмиттером напряжение (рис. 18), надо измерять соответствующие друг другу значения тока базы (микроамперметром) и тока коллектора (миллиамперметром).

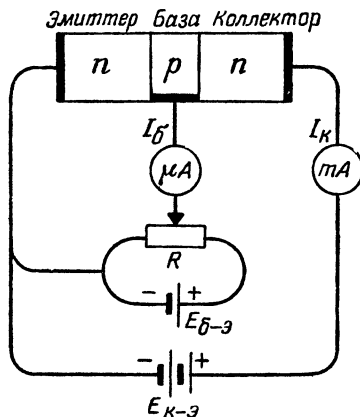


Рис. 18. Схема, при помощи которой можно снять характеристику, изображенную на рис. 17. При каждом положении движка потенциометра  $R$  измеряют ток базы и ток коллектора.

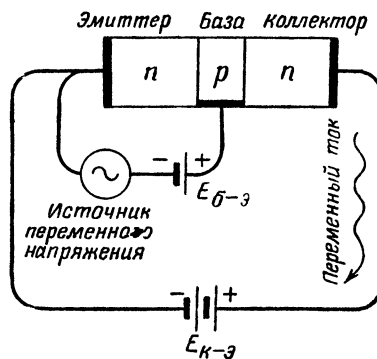
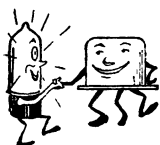


Рис. 19. Между базой и эмиттером приложено переменное напряжение; в цепи коллектора появляется переменная составляющая тока.

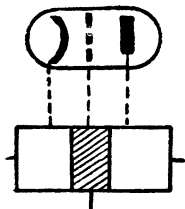


Н. — Любознайкин, у меня есть одна идея. Вместо того чтобы крутить ручку потенциометра и изменять тем самым напряжение между эмиттером и базой, давай приложим последовательно с источником постоянного напряжения  $E_{Б-Э}$  какой-нибудь сигнал, например высокочастотное напряжение из антенны или низкочастотное напряжение, получаемое после детектирования (рис. 19). Вызывая таким образом небольшие изменения тока базы, мы получим значительные изменения тока коллектора.

## СХОДСТВА И РАЗЛИЧИЯ

Л. — Браво, Незнайкин! Как ты додумался до такой блестящей идеи?

Н. — Видишь ли, мне в этот момент представилась аналогия между транзистором и электронной лампой. Вот, например, база, ведь она удивительно похожа на сетку. Так же как и сетка, она размещена между эмиттером и коллектором, будто между катодом (он ведь тоже эмиттирует электроны) и анодом (а он-то их собирает). И так же как небольшие изменения потенциала сетки вызывают значительные изменения анодного тока, здесь слабые изменения напряжения в цепи базы создают значительные изменения тока коллектора. Ура! Я понял суть транзистора! Разве я не один из ясновидцев?



Л. — По правде говоря, триумф твой весьма скромнен. Я рискую обдать твой юношеский энтузиазм холодным душем: я должен сказать, что аналогия лампа — транзистор хоть и облегчает понимание некоторых явлений, но имеет свои ограничения, о которых не следует забывать.

Н. — Я не вижу существенной разницы.

Л. — Для начала имеется одна, и весьма существенная: наличие тока базы. Вспомни, как при использовании ламп мы тщательно стараемся предотвратить возникновение сеточного тока.

Н. — Правильно. Мы подаем на сетку отрицательное смещение, чтобы помешать ей становиться положительно заряженной при пиках положительных значений сигнала, что сделало бы ее конкуренткой анода, и она стала бы захватывать электроны.

Л. — Поэтому входной сигнал у лампы представляет собой напряжение, которое практически не создает никакого тока, а следовательно, здесь нет и расхода мощности. В транзисторе же напряжение входного сигнала вызывает соответствующий ток, а значит, надо говорить и о затрате мощности.

Н. — Должен ли я сделать из этого вывод, что у транзистора промежуток эмиттер — база имеет входное сопротивление и, вероятно, малое?

Л. — Разумеется. Его величина составляет всего каких-нибудь несколько сотен ом, тогда как сопротивление между катодом и сеткой вакуумной лампы практически бесконечно большое. У мощных же транзисторов это сопротивление составляет несколько ом или десятков ом. А вот *выходное сопротивление* транзистора, напротив, довольно высокое и может достигать десятков и сотен тысяч ом<sup>1</sup>.

Н. — Ясно. Ведь к переходу эмиттер — база напряжение прикладывается в прямом направлении, что снижает сопротивление, а к переходу база — коллектор — в обратном направлении, что должно сделать его сопротивление весьма высоким. Любопытно, что выходное сопротивление у транзистора получается того же порядка, что у электронных ламп.

Л. — Как видишь, Незнайкин, не следует без особой необходимости и не сделав соответствующих оговорок прибегать к аналогии лампа — транзистор. А так как мы приступили к основному вопросу — о входном и выходном сопротивлениях, ты легко поймешь, как происходит в транзисторе усиление по напряжению.

## УСИЛЕНИЕ ПО НАПРЯЖЕНИЮ

Н. — Я думаю, что небольшое переменное напряжение, приложенное между базой и эмиттером, определяет, как мы уже говорили, изменение тока базы.

Л. — И эти изменения будут тем больше, чем меньше входное сопротивление (если источник напряжения сам имеет малое внутреннее сопротивление).

Н. — Это я понимаю, так как в голове у меня постоянно сидит закон Ома, по которому ток будет тем больше, чем меньше сопротивление.

Л. — Однако ток коллектора изменяется пропорционально току базы. Следовательно, он тоже будет претерпевать значительные изменения. Но поскольку выходное сопротивление транзистора велико, мы без осложнений можем пропускать ток коллектора через большое сопротивление нагрузки...

Н. — ..., на котором мы выделим значительно усиленные переменные напряжения. Если память мне не изменяет, у электронных ламп отношение изменения анодного тока к вызвавшему его изменению напряжения на сетке называется крутизной. Можно ли в царстве транзисторов применять это же понятие? В этом случае крутизной было бы отношение изменения тока коллектора к изменению напряжения базы.

Л. — Да, Незнайкин. Часто говорят о крутизне транзистора, и я могу сказать тебе, что крутизной 30 *ма/в* (при токе в цепи коллектора 1 *ма*) никого не удивишь.

Н. — Но это здорово! С такой крутизной, очевидно, можно получать колоссальные усиления.

Л. — Увы! Нет. Как ты вскоре увидишь, низкое входное сопротивление лишает нас возможности эффективно использовать эту высокую крутизну. Кроме того, необходимо ограничивать амплитуду усиливаемых переменных напряжений.

<sup>1</sup> Сопротивления, о которых говорит Любознайка, рассчитываются путем деления малых изменений напряжений на вызываемые ими изменения тока.

Следовательно, входное сопротивление

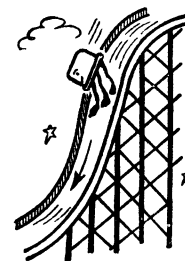
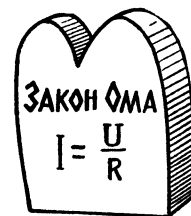
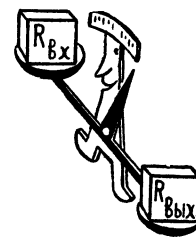
$$r_{вх} = \frac{\Delta U_б}{\Delta I_б},$$

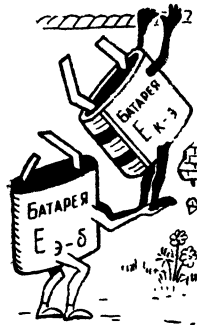
где  $\Delta U_б$  — малое изменение напряжения между эмиттером и базой, а  $\Delta I_б$  — возникающее в результате этого изменение тока базы.

Точно так же выходное сопротивление

$$r_{вых} = \frac{\Delta U_к}{\Delta I_к},$$

где  $\Delta U_к$  — изменение напряжения, приложенного между коллектором и эмиттером, а  $\Delta I_к$  — соответствующее изменение тока коллектора.





Н. — В электронных лампах следует избегать, чтобы сетка стала положительной. Здесь же, как я думаю, нужно избегать обратного явления, чтобы пики отрицательных полупериодов не сделали эмиттер положительным по отношению к базе, т. е. не заперли бы эмиттерный переход<sup>1</sup>.

Л. — Правильно. А кроме того, не следует также допускать, чтобы положительный пик напряжения на базе вызвал чрезмерно большой ток коллектора.

Н. — А нельзя ли для устранения этих опасностей повысить напряжения обеих батарей?

Л. — В некоторых случаях это может привести к неприятностям, так как для каждого типа транзистора существуют предельные значения напряжений, которые нельзя превышать. Однако я хочу сказать тебе, что оба источника напряжения с выгодой дела можно соединить последовательно, потому что нужно подать на коллектор по отношению к эмиттеру еще более положительное напряжение, чем на базу (рис. 20).

Н. — Я вижу, что напряжение  $E_{э-б}$  является частью напряжения батареи  $E_{к-э}$ .

Л. — В практических схемах обходятся без второй батареи и даже без отвода от батареи: смещение на базу подают с помощью делителя напряжения из двух резисторов (рис. 21) или через понизительный резистор (рис. 22).

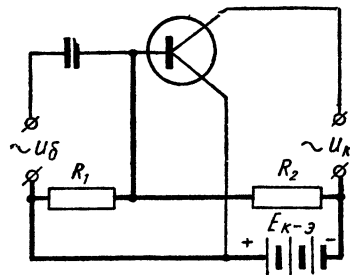


Рис. 21. Вместо того чтобы делать отвод от батареи, напряжение смещения на базу можно получить при помощи делителя из двух резисторов:  $R_1$  и  $R_2$ .

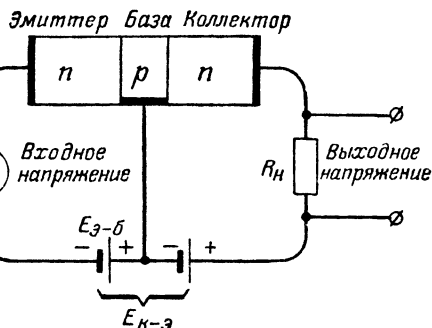


Рис. 20. Два источника напряжения (для цепи базы и для цепи коллектора) могут быть заменены одним источником с отводом. На этом рисунке показано также место включения резистора нагрузки  $R_n$ , на котором получается усиленное выходное напряжение.

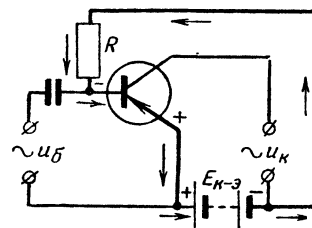


Рис. 22. Напряжение смещения на базу можно подать через резистор  $R$ .

Прощаясь с Незнайкинм, Любознайкин попросил его подумать на досуге, как ведет себя другой, наиболее распространенный транзистор структуры  $p-n-p$ . При следующей встрече Незнайкин отчитывается перед своим учителем в выполнении задания.

### ТРАНЗИСТОР СТРУКТУРЫ $p-n-p$

Л. — Не можешь ли ты ответить мне на вопрос, который я задал в конце нашей прошлой беседы: как работает транзистор структуры  $p-n-p$  (рис. 23).

Н. — Я думал об этом, и мне кажется, что я могу тебе ответить. В таком транзисторе в отличие от транзистора структуры  $n-p-n$  потенциал коллектора должен быть отрицательным по отношению к эмиттеру. Я должен тебе признаться, что это мне очень неприятно.

Л. — Почему же?

Н. — Потому что я всегда стремлюсь сравнивать транзистор с электронной лампой, и идея сделать анод

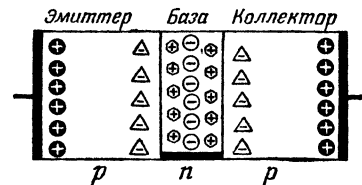
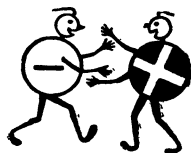


Рис. 23. Распределение носителей зарядов (электронов и дырок) и ионизированных атомов в транзисторе структуры  $p-n-p$  до включения напряжений питания. Показаны потенциальные барьеры, образованные ионами с разноименными зарядами.

<sup>1</sup> Все эти рассуждения касаются транзистора структуры  $n-p-n$ . Для транзисторов структуры  $p-n-p$  полярности всех напряжений обратные. (Прим. ред.)



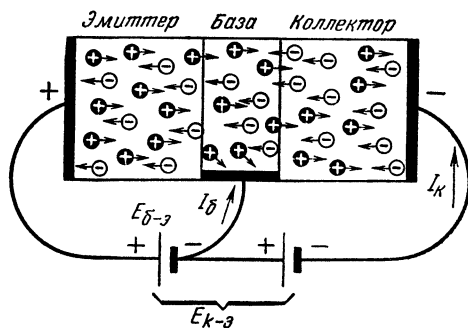


Рис. 24. Движение носителей зарядов в работающем транзисторе структуры  $p-n-p$ . Ионы на этом рисунке не показаны.

никает в коллектор, не испытывая слабого притяжения отрицательного полюса батареи  $E_{б-э}$ .

**Л.** — Это совершенно верно. Однако что происходит с теми немногочисленными дырками, которые прореагируют на притяжение отрицательного полюса батареи с напряжением  $E_{б-э}$  (рис. 24)?

**Н.** — Они нейтрализуются в результате рекомбинации с поступившими от этого полюса электронами. Таким образом, они создают небольшой ток  $I_б$ , создаваемый электронами, движущимися из базы в эмиттер.

**Л.** — А какова судьба большинства дырок, которые достигли коллектора?

**Н.** — Там происходит такое же явление; дырки нейтрализуются электронами, поступающими с отрицательного полюса батареи  $E_{к-э}$ . И каждый раз, когда электрон проникает из батареи в коллектор, чтобы нейтрализовать дырку, другой электрон покидает один из атомов эмиттера и поглощается положительным полюсом этой батареи; само собой разумеется, что, покидая свой атом, данный электрон порождает в эмиттере новую дырку. Ток поддерживается движением дырок от эмиттера к коллектору и электронов в обратном направлении. Разве не так?

**Л.** — Я восхищен, как здорово разобрался ты в работе транзистора. Действительно, все происходит так, как если бы армия штурмовала крепость. Атакующие достигают вершины стены и в неудержимом порыве врываются в город, прорываясь через ряды пытающихся их сдержать защитников.

**Н.** — Твоя аналогия, где крепостная стена представляет базу, а город — коллектор, была бы более убедительной, если бы осажденный гарнизон предпринимал контратаку, символизирующую движение электронов навстречу атакующим дыркам, вооруженным неотразимым .. положительным зарядом, но меня мучает другой вопрос. В транзисторе структуры  $p-n-p$  и эмиттер и коллектор состоят из полупроводника типа  $p$  (в транзисторе структуры  $n-p-n$  они оба обладают проводимостью типа  $n$ ). Не свидетельствует ли это об их взаимозаменяемости?

**Л.** — Нет, дорогой друг. И ты сам легко поймешь, почему. Если ток, идущий от эмиттера к базе, а затем к коллектору, имеет примерно одну и ту же величину, то этого нельзя сказать о напряжениях. Между базой и эмиттером напряжение невелико, а между коллектором и базой оно значительно выше.

**Н.** — Я понял. Так как произведение тока на напряжение дает мощность, то мощность, рассеиваемая на переходе база — коллектор, во много раз больше той, которая рассеивается на переходе эмиттер — база.

**Л.** — Ты тысячу раз прав. Вот почему коллектор должен легче отводить выделяющуюся там тепло. У него большая, чем у эмиттера, площадь. А в мощном транзисторе коллектор припаян к металлическому корпусу, что облегчает передачу тепла на шасси.

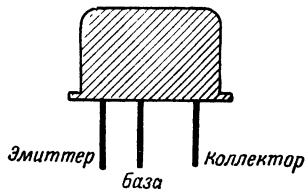
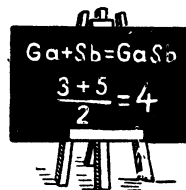
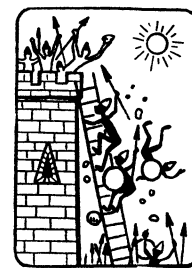
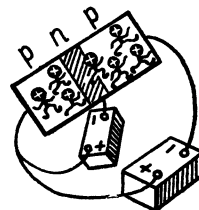
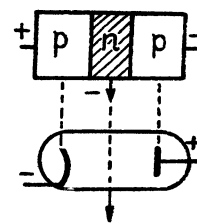


Рис. 25. Типичное расположение выводов транзистора.

отрицательным по отношению к катоду (ведь именно их роли выполняют соответственно коллектор и эмиттер) меня несколько разочаровывает. Тот же факт, что база должна быть отрицательной по отношению к эмиттеру, радует мое сердце, так как я думаю, разумеется, о сетке.

**Л.** — Незнайкин, остерегайся таких сопоставлений, я уже говорил тебе об этом.

**Н.** — Как бы там ни было, но при такой полярности напряжений переход эмиттер — база находится в проводящем состоянии. Это значит, что отталкиваемые положительным полюсом источника питания дырки эмиттера неудержимо устремляются через  $p-n$  переход в базу. Благодаря малой толщине базы большинство дырок проскакивает через нее и про-

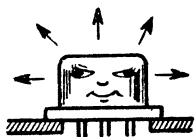


## О ВЫВОДАХ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЯХ

**Н.** — Теперь я понимаю, чем различаются электроды транзистора, но как определить, какой вывод транзистора соединен с эмиттером, а какой с базой и коллектором?

**Л.** — Различить их очень просто. У большинства транзисторов средний вывод соединен с базой (рис. 25), один из крайних выводов, более близкий к среднему, — с эмиттером, а другой крайний — с коллектором <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Так обычно расположены выводы у маломощных низкочастотных сплавных транзисторов. У мощных низкочастотных, а также у высокочастотных транзисторов расположение выводов другое. У последних вывод эмиттера обычно отмечен точкой. (Прим. ред.)



Н. — Это одновременно и просто и логично, как и условное изображение транзистора на твоих рисунках — прямоугольник, разделенный на три зоны-области.

Л. — Увы, это действительно логичное и соответствующее истинной структуре транзистора условное обозначение обычно не используется в схемах.

Н. — Досадно. Каково же «официальное» графическое обозначение транзистора?

Л. — В разных странах и даже разные авторы в одной стране применяют различные условные обозначения. Большинство же пользуется обозначением в виде круга с жирной черточкой внутри, к середине которой подходят под углом две тонкие линии. Жирная черточка обозначает базу, тонкая линия, снабженная стрелкой, — эмиттер, а другая такая же линия, но без стрелки — коллектор. А кроме того (запомни это как следует), если стрелка направлена к базе (рис. 26), то это транзистор структуры  $p-n-p$ , а если от базы (рис. 27), то транзистор структуры  $n-p-n$ .

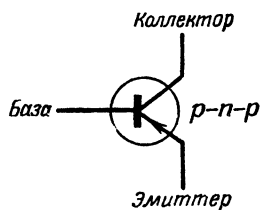
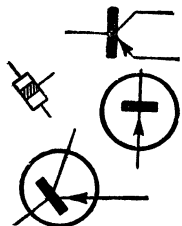


Рис. 26. Условное обозначение на схемах транзистора структуры  $p-n-p$ .

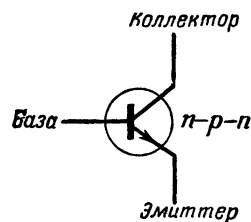
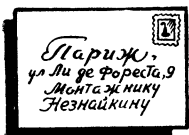


Рис. 27. Условное обозначение на схемах транзистора структуры  $n-p-n$ .

Н. — А теперь я хотел просить тебя, Любознайкин, кратко резюмировать (лучше в письменной форме) суть того, чему ты меня научил.

Л. — Я охотно составляю для тебя такое резюме и пришлю его по почте. А пока, Незнайкин, доброй ночи!



#### Письмо Любознайкина к Незнайкину

Мой дорогой друг, вот сведения, которые должны прочно врезаться в твою память: Транзистор состоит из трех зон-областей: эмиттера, базы и коллектора. Они содержат примеси, придающие эмиттеру и коллектору электрическую проводимость, противоположную проводимости базы.

Существуют транзисторы двух структур:  $p-n-p$  и  $n-p-n$ . Большие распространены первый тип, по крайней мере среди транзисторов из германия. (Большая часть кремниевых транзисторов по технологическим соображениям делается со структурой  $p-n-p$ .)

В транзисторе структуры  $p-n-p$  базе сообщают отрицательный по отношению к эмиттеру потенциал, а коллектору — еще более отрицательный, чем базе.

В транзисторе структуры  $n-p-n$  база должна иметь положительный потенциал по отношению к эмиттеру, а коллектор — еще более положительный, чем база.

В обоих случаях питающие напряжения создают прямой ток через переход эмиттер — база.

Ток базы имеет очень малую величину (микроамперы); ток коллектора значительно больше (миллиамперы)<sup>1</sup>.

Малое изменение тока базы вызывает значительное изменение тока коллектора. Отношение второго изменения к первому называется коэффициентом усиления по току.

Вход транзистора (база — эмиттер) имеет относительно небольшое сопротивление. Поэтому подаваемые на вход сигналы должны обладать некоторой мощностью.

Выход транзистора (коллектор — эмиттер) отличается высоким сопротивлением.

Изменение напряжения, приложенного между базой и эмиттером, вызывает изменение тока базы; а это изменение в свою очередь создает большее изменение тока коллектора. Если в цепь коллектора включена нагрузка, то на ней можно получить усиленное напряжение.

Вот в нескольких словах, мой дорогой Незнайкин, выводы, к которым мы пришли.

Твой друг

Любознайкин

Когда некоторое время спустя Любознайкин навестил Незнайкина, то увидел, что его ученик собрал какую-то сложную схему с электроизмерительными приборами.

В беседе выясняется, что Незнайкин снимает характеристики транзисторов.

<sup>1</sup> Справедливо для маломощных транзисторов. (Прим. ред.)

Последние, как и характеристики ламп, могут выражаться значениями основных параметров или в виде графиков, показывающих, как некоторые токи и напряжения изменяются в зависимости от других. Однако для транзисторов графическое изображение характеристик особенно ценно, ибо каждая переменная величина влияет на большинство других.

## ИНИЦИАТИВА НЕЗНАЙКИНА

**Любознайки.** — Черт возьми! Что я вижу! Что означает это немислимое скопище измерительных приборов, батарей и потенциометров на твоём столе?

**Незнайки.** — Очевидно, ты не видишь главного, а на это есть причины. Ведь рядом с вольтметрами и амперметрами транзистор выглядит совсем маленьким. А он тем не менее виновник сегодняшнего торжества.

**Л.** — Но какова цель всего этого нагромождения приборов?

**Н.** — А ты помнишь, как некогда мы снимали характеристики электронных ламп: изменения анодного тока в зависимости от сеточного напряжения или от анодного напряжения? Ну вот, я и хотел снять аналогичные характеристики для своего транзистора.

**Л.** — Похвальная инициатива! И тебе удалось достичь цели?

**Н.** — И да, и нет ... Как видишь, достаточно уклончивый ответ. Но меня смущает тот факт, что у лампы мы учитывали три величины: 1) анодный ток  $I_a$ , 2) напряжение анод — катод  $U_a$  и 3) напряжение сетка — катод, а у транзистора нужно учитывать четыре: 1) ток коллектора  $I_k$ , 2) напряжение коллектор — эмиттер  $U_k$ , 3) напряжение база — эмиттер  $U_b$  и 4) ток базы  $I_b$ .

**Л.** — Все это правильно. Действительно, кроме исключительных случаев, лампы работают без сеточного тока. В транзисторах же ток базы играет первостепенную роль.



## РАЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА

**Н.** — Вот схема, которую я придумал для снятия этих четырех величин (рис. 1).

**Л.** — Здесь я вижу потенциометр  $R_1$ , который служит для изменения по желанию напряжения между базой и эмиттером; это напряжение измеряется вольтметром  $U_b$ .

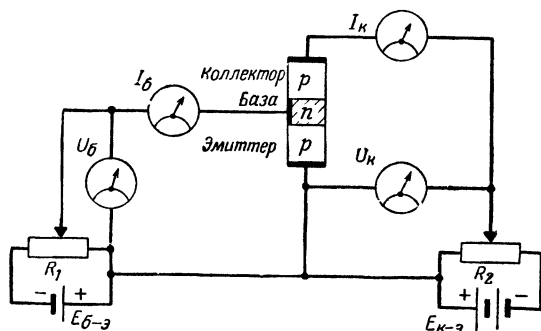


Рис. 1. Схема, используемая для снятия характеристики транзистора.

Кроме того, у тебя есть потенциометр  $R_2$ , служащий для изменения напряжения коллектор — эмиттер, измеряемого вольтметром  $U_k$ . Ты измеряешь ток базы микроамперметром  $I_b$ , а ток коллектора — амперметром  $I_k$ . Поздравляю тебя, Незнайки: с твоей схемой можно проделать хорошую работу! Что же у тебя не ладится?

**Н.** — У меня складывается впечатление, что я стал жертвой той самой шутки, которую я еще мальчишкой проделывал с нашей бравой кухаркой Меланьей.

**Л.** — Что же общего между этой жертвой твоей ранней жестокости и полупроводниками?

**Н.** — Однажды вечером я тонкой проволокой соединил все ка-

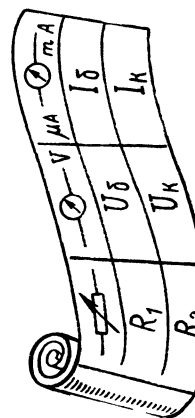
стрюли между собой, и когда Меланья захотела взять одну из них, вся кухонная батарея обрушилась со страшным грохотом.

**Л.** — Это делает честь твоему воображению, если не твоему хорошему вкусу. Но я все еще не вижу общего.

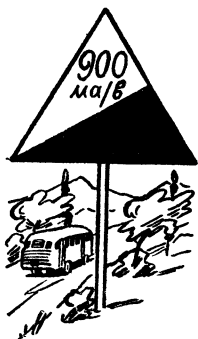
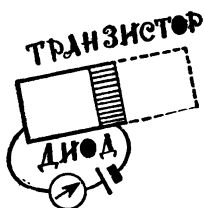
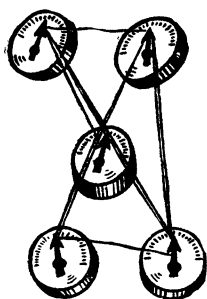
**Н.** — А тем не менее, это очевидно. У меня сложилось впечатление, что стрелки моих приборов связаны между собой невидимыми нитями, как кастрюли Меланьи. Достаточно одной из них покачнуться, как две другие немедленно приходят в движение. Например, когда я поворачиваю ручку потенциометра  $R_1$ , изменяя тем самым напряжение базы  $U_b$ , одновременно изменяется ток базы  $I_b$ , а также и ток коллектора  $I_k$ .

## ДВЕ ПЕРВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

**Л.** — А разве это не нормально? Этим ты демонстрируешь сам принцип действия транзистора. Прилагая между базой и эмиттером возрастающее напряжение, ты повышаешь величину тока, идущего от эмиттера к базе, и тем самым увеличиваешь ток, идущий от эмиттера через базу к коллектору.







Н. — Разумеется. Это полностью аналогично влиянию сетки на анодный ток в электронной лампе. Кстати, вот две кривые, которые я снял, регулируя потенциометром  $R_1$  напряжение  $U_б$  и записывая для каждого его значения величины  $I_б$  и  $I_к$  (рис. 2 и 3).

Л. — Очень хорошо, Незнайкин. Я вижу, что ты испытываешь транзистор средней мощности, потому что коллекторный ток достигает здесь почтенной величины — порядка полуампера ... Твоя первая кривая, где взаимодействуют только два элемента — эмиттер и база и которая характеризует зависимость тока базы от потенциала базы по отношению к эмиттеру, просто-напросто характеристика диода, образованного эмиттером и базой.

Н. — Правда! Ток увеличивается сначала медленно, а затем все быстрее и быстрее. Я вижу, что эта кривая не представляет большого интереса, но, думаю, что другая кривая, отражающая изменение коллекторного тока в зависимости от напряжения базы, имеет большее значение.

### НЕЗНАЙКИН ЗНАКОМИТСЯ С ОБМАНЧИВОЙ КРУТИЗНОЙ

Л. — Не увлекайся, мой друг. Вторая кривая действительно очень показательная. Она, в частности, показывает нам, что *крутизна* транзистора далеко не постоянна и изменяется в зависимости от величины напряжения.

Н. — Как? Разве, имея дело с транзисторами, тоже говорят о крутизне? Для ламп — это отношение небольшого изменения анодного тока к вызвавшему его небольшому изменению сеточного напряжения.

Л. — Да, здесь по аналогии мы также определим крутизну как отношение небольшого изменения  $\Delta I_к$  к вызвавшему его небольшому изменению напряжения базы  $\Delta U_б$ . Обозначив крутизну буквой  $S$ , получим:

$$S = \frac{\Delta I_к}{\Delta U_б}$$

Крутизна у транзистора, как и у ламп, выражается в миллиамперах на вольт.

Н. — Я действительно заметил, что при повышении напряжения базы крутизна нашего транзистора возрастает. При переходе от 0,2 к 0,4 в ток увеличился всего на 50 ма, а при повышении напряжения базы от 0,6 до 0,8 в он увеличился примерно на 180 ма. Следовательно, в первом случае мы имеем крутизну 50: (0,4—0,2) = 250 ма/в, во втором случае 180: (0,8—0,6) = 900 ма/в. Чудовищно! У лампы никогда нельзя получить такой крутизны.

Л. — Однако не делай слишком поспешных выводов о том, что усиление транзистора действительно так велико. Здесь роль крутизны значительно скромнее, так как в конечном итоге решающее значение имеет влияние тока базы на ток коллектора.

### ОПАСНО! ОГРАНИЧЕННАЯ МОЩНОСТЬ

Н. — Я обнаружил это, когда снимал зависимость тока коллектора  $I_к$  от тока базы  $I_б$  для двух значений напряжения  $U_к$  на коллекторе: 2 и 10 в (рис. 4).

Л. — А почему часть кривой для этого последнего напряжения  $U_к = 10$  в проведена пунктиром?

Н. — Потому что она нанесена условно. Я не осмелился допустить, чтобы коллекторный ток превысил 35 ма, так как предельная мощность транзистора составляет 350 мвт (в инструкции выпустившего его завода недвусмысленно сказано об этом). Ток в 35 ма при напряжении 10 в дает как раз эту предельную мощность, а я не хотел превышать ее, чтобы не погубить плод своих сбережений.

Л. — Ты действовал мудро, и мне остается лишь тебя поздравить. Обрати внимание, что кривые, показывающие изменения  $I_к$  под воздействием  $I_б$ , чаще всего приближаются к прямой линии.

Н. — Правда, и я вспоминаю, что эти кривые позволяют определить коэффициент усиления по току  $\beta$ , который показывает, во сколько раз изменения тока коллектора больше изменений тока базы.

Л. — Можешь ли ты определить этот коэффициент по кривой  $U_к = 2$  в?

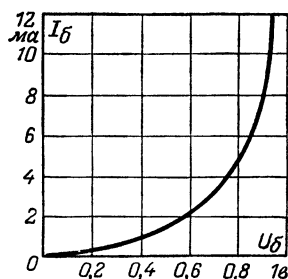


Рис. 2. Зависимость тока базы  $I_б$  от напряжения база — эмиттер  $U_б$ . На этом рисунке, как и на всех остальных, где изображены характеристики транзисторов, полярности напряжений базы и коллектора не указаны. Потенциалы обоих электродов положительны относительно эмиттера у транзисторов структуры *n-p-n* и отрицательны у транзисторов структуры *p-n-p*.

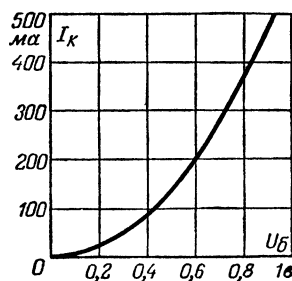


Рис. 3. Зависимость тока коллектора  $I_к$  от напряжения база — эмиттер  $U_б$ .

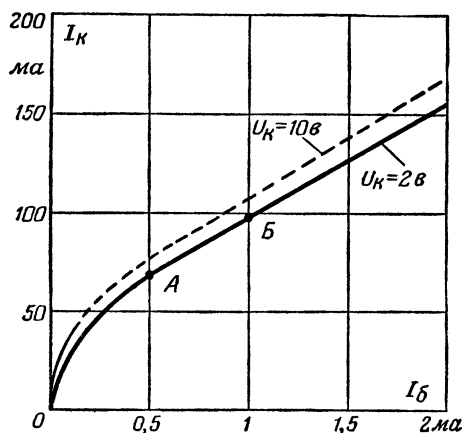


Рис. 4. Зависимость тока коллектора  $I_K$  от тока базы  $I_B$  при двух значениях напряжения коллектора  $U_K$ .

сенки моего далекого детства. После крутизны и коэффициента усиления нам не хватает только внутреннего сопротивления ... и мы вновь встретим ту же семью основных параметров, что и у ламп.

Л. — Осторожнее, мой друг! Еще раз говорю тебе: остерегайся поспешных аналогий. У ламп коэффициент усиления представляет собой отношение двух напряжений, у транзисторов — это отношение двух токов. Точно так же, говоря о внутреннем сопротивлении ламп, имеют в виду часто выходное сопротивление, тогда как у транзисторов, как мы уже видели, говорят о *входном сопротивлении*, или сопротивлении эмиттер — база. И, как всякое сопротивление, оно представляет собой отношение напряжения к величине тока, как сказал бы покойный физик Ом.

Н. — Или, говоря так же строго, как ты, это — отношение малого изменения напряжения базы к вызываемому им малому изменению тока базы. А применяя для обозначения этих малых изменений милые моему сердцу «дельты», я бы написал следующую формулу входного сопротивления:

$$R_{вх} = \frac{\Delta U_B}{\Delta I_B}.$$

Л. — Незнайкин, уже не проглотил ли ты целую гигантскую камбалу, фосфор которой заставляет твою голову так интенсивно работать? Уж коль скоро ты продемонстрировал свои способности, попробуй-ка рассчитать по одной из своих кривых величину входного сопротивления твоего транзистора?

Н. — Нет ничего проще! Для этого нужно вернуться к кривой на рис. 2, показывающей, как изменяется  $I_B$  в зависимости от  $U_B$ . Мы видим, что при переходе от 0,5 к 0,6 в ток изменяется примерно на 1 ма, а  $R_{вх}$ , как известно, можно рассчитать, разделив 0,1 на 1, что даст нам 0,1 ом.

Л. — Не стыдно ли тебе. Незнайкин, в твои годы путать миллиамперы с амперами?

Н. — О, простите! Я должен был разделить 0,1 в на 0,001 а, что даст мне  $R_{вх} = 100$  ом.

### ОЧЕНЬ ПОЛЕЗНОЕ СООТНОШЕНИЕ

Л. — Вот это лучше. А чтобы наказать тебя за эту ужасную ошибку, я дам тебе решить небольшую задачу: помножь крутизну на внутреннее сопротивление, используя определения этих величин:

Н. — Ну, это просто:

$$S \times R_{вх} = \frac{\Delta I_K}{\Delta U_B} \times \frac{\Delta U_B}{\Delta I_B} = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B} = \beta.$$

Раньше я сомневался, что когда-нибудь справлюсь с подобными задачами. Итак, *усиление по току равно произведению крутизны на входное сопротивление*. Это напоминает мне соотношение, выведенное ранее для ламп:  $\mu = S \times R_{вн}$ , где  $R_{вн}$ , однако, обозначает выходное сопротивление.

Л. — Можешь ли ты проверить, соответствует ли это равенство параметрам, которые ты рассчитал для своего транзистора?

Н. — По кривой на рис. 3 в районе 0,5 в крутизна составляет 500 или 600 ма/в или в среднем 0,55 а/в. Если умножить крутизну на входное сопротивление в той же точке

Н. — Это очень просто. Когда мы повышаем ток базы, например, с 0,5 до 1 ма (точки А и Б), ток коллектора увеличивается с 70 до 100 ма. Следовательно, изменению тока базы на 0,5 ма соответствует изменению тока коллектора на 30 ма. Значит, усиление по току  $\beta = 30 : 0,5 = 60$  раз.

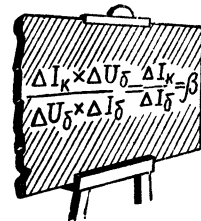
Л. — Bravo! А в более общей форме можно сказать, что

$$\beta = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B},$$

где  $\Delta I_K$  и  $\Delta I_B$  представляют соответственно малые изменения тока коллектора и тока базы.

### СОПРОТИВЛЕНИЕ, КОТОРОЕ НЕ ЯВЛЯЕТСЯ НА ПЕРЕКЛИЧКУ

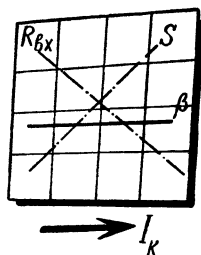
Н. — Скажите пожалуйста! Все эти малые изменения токов и напряжений напоминают мне что-то знакомое, как мотив пенины.



(а там оно равно 100 ом), то получим 60, что как раз соответствует найденному нами усилению по току.

Л. — Все идет к лучшему в этом лучшем из миров! Заметь попутно, Незнайкин, что обычно коэффициент усиления почти не изменяется от увеличения тока коллектора. Что же касается крутизны, то, как мы видели, она возрастает при повышении тока  $I_K$ .

Н. — Отсюда я делаю вывод, что если наше равенство  $S \times R_{вх} = \beta$  остается в силе, то при увеличении тока коллектора входное сопротивление должно снижаться.



### ВСЕ КРИВЫЕ НА ОДНОМ ГРАФИКЕ

Л. — Устами младенцев глаголит истина ... А теперь надо тебе сказать, дорогой друг, что различными данными, распыленными по снятым тобой кривым, будет значительно легче пользоваться, если ты возьмешь на себя труд составить по результатам своих измерений график, показывающий, как изменяется ток коллектора при изменении напряжения на нем.

Н. — Если я правильно понял, речь идет о кривых, аналогичных кривым, характеризующим анодный ток в зависимости от анодного напряжения.

Л. — Совершенно верно.

Н. — А при каком напряжении на базе я должен снимать такие кривые?

Л. — Вычерти серию кривых для ряда значений  $U_б$ . Установи, например, для начала 0,2 в. Затем, начиная с нуля, повышай постепенно напряжение на коллекторе и записывай соответствующие значения тока  $I_K$  (рис. 5).

Н. — Это очень любопытно. Начиная от нуля, ток достигает величины 20 ма при напряжении менее 2 в и затем совершенно перестает нарастать, даже если напряжение на коллекторе довести до 24 в. Чем это объяснить?

Л. — Ты столкнулся с явлением насыщения. Когда все носители зарядов, вызванные к жизни приложенным между базой и эмиттером напряжением, участвуют в образовании тока коллектора, ты можешь сколько угодно повышать напряжение коллектора...

Н. — ... Конечно, тут уж ничем не поможешь.

Л. — Теперь, когда ты снял кривую при  $U_б = 0,2$  в, можешь снять другие кривые, например при  $U_б = 0,3$  в и т. д. Впрочем, ты можешь устанавливать не то или иное значение напряжения базы, а ряд значений тока базы  $I_б$ . Кривые для такого случая показаны на рис. 5 пунктиром. Как видишь, мы можем получить два семейства кривых, показывающих зависимость тока коллектора от напряжения коллектора при различных значениях либо напряжения базы, либо тока базы. Говорят, что эти последние значения, которые устанавливаются для каждой из кривых, являются параметрами семейства характеристик.

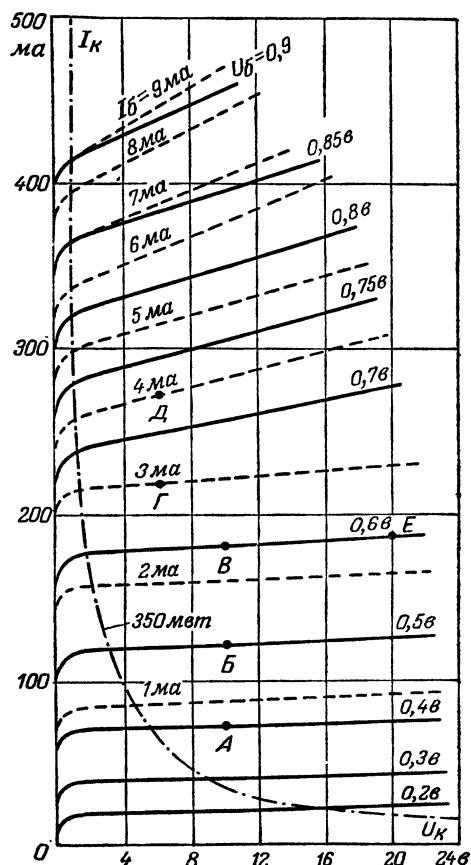
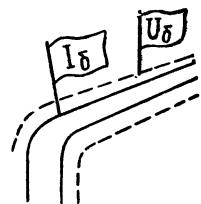
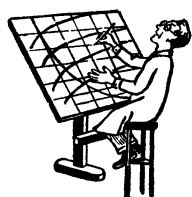


Рис. 5. Зависимость тока коллектора  $I_K$  от напряжения коллектора  $U_K$  при различных значениях напряжения базы  $U_б$  и тока базы  $I_б$  (для того же транзистора средней мощности, что и на рис. 2, 3 и 4).



### СХОДСТВА И РАЗЛИЧИЯ

Н. — Эти почтенные семьи во многом похожи на те семейства, которые показывают, как у вакуумных ламп анодный ток изменяется в зависимости от анодного напряжения, когда в качестве параметра принято сеточное напряжение. Особенно поразительное сходство наблюдается с пентодами (рис. 6).

Л. — Правильно, но тем не менее следует отметить два серьезных различия: во-первых, характеристики пентода как бы выходят из одной точки и затем расходятся...

Н. — ...наподобие фейерверка.

Л. — Да, если такое сравнение тебе нравится. А у транзисторов кривые очень быстро поднимаются, а затем после изгиба идут почти горизонтально. Ты лучше убе-

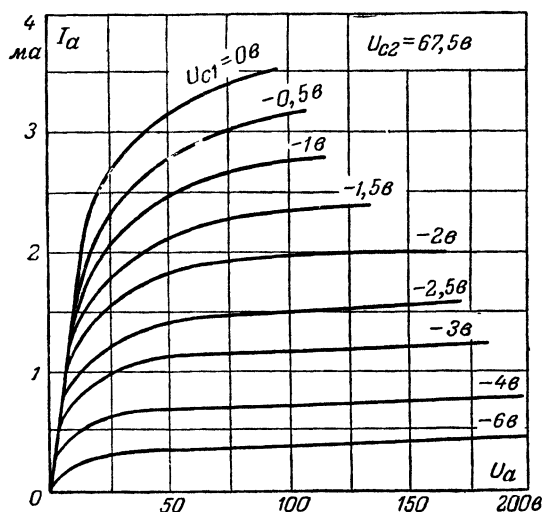


Рис. 6. Зависимость анодного тока  $I_a$  пентода от анодного напряжения  $U_a$  при различных значениях смещения на управляющей сетке  $U_{c1}$ .

Н. — И это проявляется в тех ужасных искажениях, которые называются нелинейными. Следовательно, транзистор превосходит пентод лучшим показателем линейности. Да здравствует транзистор<sup>1</sup>!

дишься в этом, рассматривая характеристики транзистора малой мощности (рис. 7). Во-вторых, кривые пентода расположены плотно одна к другой при больших отрицательных значениях сеточного напряжения, а затем расстояние между соседними кривыми увеличивается. А у транзистора при различных значениях тока базы расстояния между характеристиками (на рис. 7 проведены пунктиром) на всем протяжении примерно одинаковые. И в этом проявляется одно из преимуществ транзистора.

Н. — Почему?

Л. — А разве ты не видишь, что он будет с меньшими искажениями, чем пентод, усиливать сигналы с большой амплитудой? Одинаковое изменение тока базы в положительную и отрицательную стороны вызовет одинаковые изменения тока коллектора тока. У пентода же положительное и отрицательное изменения сеточного напряжения вызывают неодинаковые изменения анодного тока.

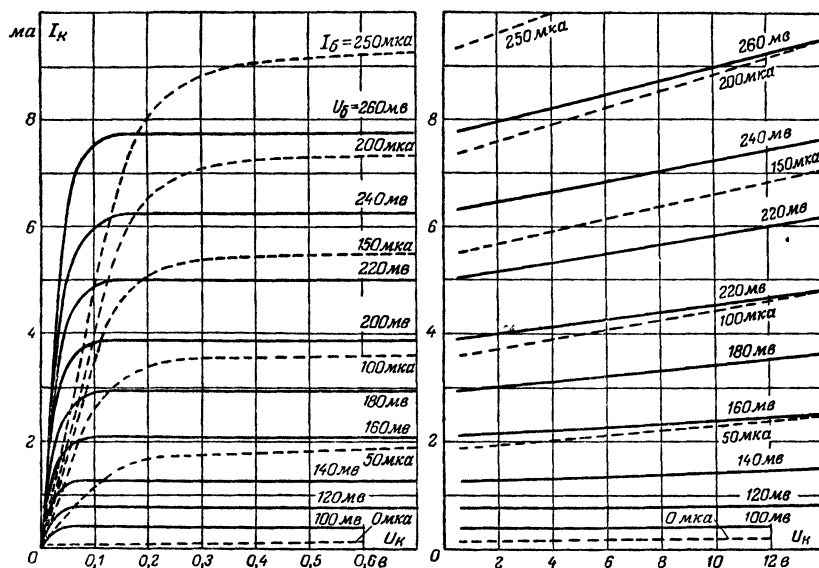
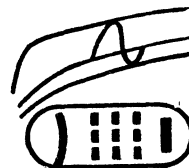
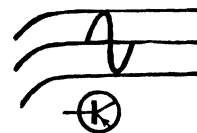
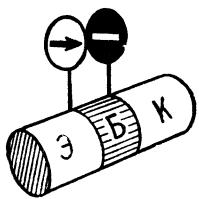
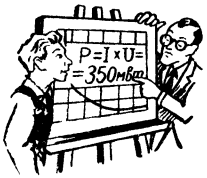


Рис. 7. Выходные характеристики транзистора малой мощности. На левом графике масштаб напряжений коллектора  $U_k$  растянут, чтобы лучше показать, что происходит в области малых напряжений.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК

Л. — Я хотел бы вернуться к семейству характеристик, изображенному на рис. 5, чтобы ты лучше понял, какие полезные сведения содержатся в них о важнейших свой-

<sup>1</sup> Механизм нелинейных искажений в усилителях с транзисторами сложнее, чем здесь описывается. В частности, большую роль играет величина внутреннего сопротивления источника усиливаемого сигнала. Изучив этот вопрос глубже, Незнайкин, быть может, умерил бы свой восторг.



ствах транзисторов. Пользуясь этими кривыми, ты можешь, например, определить крутизну для любого напряжения базы.

Н. — Действительно, если я, например, перехожу от напряжения базы 0,4 к 0,5 в (из точки *A* в точку *B*), то ток повышается от 75 до 125 *ма*, т. е. на 50 *ма*. Следовательно, крутизна  $S = 50 : 0,1 = 500 \text{ ма/в}$ .

Л. — Так же легко ты можешь определить по нашему графику и усиление по току.

Н. — Я думаю, что для этого нужно перейти с одной кривой  $I_B$  на другую. Возьмем, например, точки *Г* и *Д*, для которых разница тока базы составляет 1 *ма*; ток коллектора возрастает с 220 до 275 *ма*, т. е. на 55 *ма*. Следовательно, усиление по току  $\beta = 55 : 1 = 55$ . Это достаточно просто..., но что за странная кривая спускается слева направо, которую ты пометил надписью 350 *мвт*?

Л. — Она показывает предельную мощность транзистора. Для каждой из точек этой линии произведение напряжения коллектора на величину его тока равно 350.

Н. — И правда, десяти вольтам соответствует ток 35 *ма*, а напряжению в пять вольт — ток 70 *ма*. Так, значит, эта граница, которую не следует переходить?

## ВОЗВРАЩЕНИЕ К ДЕЛЬТАМ

Л. — Да, и эта кривая называется гиперболой. Теперь я хотел бы познакомить тебя еще с одной в высшей степени полезной характеристикой транзистора — с его выходным сопротивлением. Догадываешься ли ты, о чем идет речь?

Н. — Некоторое количество фосфора в моей голове еще осталось, и я попытаюсь. Я предполагаю, что речь идет о сопротивлении, которое определяет поведение тока коллектора, когда его заставляют изменяться, изменяя напряжение коллектора. Не так ли?

Л. — Очень хорошо, Незнайкин. Добавь к этому, что во время этих изменений потенциал базы остается постоянным. И продолжай свои рассуждения, думая о нашем святом Оме.

Н. — Я догадался! Выходное сопротивление представляет собой отношение напряжения коллектора к его току.

Л. — Это еще не исчерпывающее объяснение. В нем не хватает небольших значков — дельт.

Н. — При так любезно брошенной спасательной веревке я просто не могу ошибиться. Вот определение, которое способно заставить поблуднеть от зависти моего старого преподавателя математики.

Выходным сопротивлением транзистора называется отношение небольшого изменения напряжения коллектора к вызываемому им изменению тока коллектора, что можно записать следующим образом:

$$R_{\text{вых}} = \frac{\Delta U_K}{\Delta I_K}$$

(что соответствует  $\Delta U_a / \Delta I_a = R_{\text{вн}}$  для электронных ламп).

Л. — Твой торжествующий вид оправдан. Съеденная тобой гигантская рыба продолжает оказывать благотворное влияние на твои умственные способности ... Не мог бы ты, основываясь, как и раньше, на графике, изображенном на рис. 5, определить выходное сопротивление нашего транзистора, ну, скажем, при  $U_B = 0,6 \text{ в}$ .

Н. — Очень просто ... Возьмем точки *B* и *E*, соответствующие напряжениям 10 в на коллекторе, т. е. различающиеся между собой на 10 в ( $\Delta U_K = 10 \text{ в}$ ). По графику мы видим, что на этих точках ток коллектора повышается со 180 примерно до 182 *ма*, т. е.  $\Delta I_K = 2 \text{ ма}$ , или 0,002 *а*. Следовательно, выходное сопротивление  $R_{\text{вых}} = 10 : 0,002 = 5000 \text{ ом}$ .

Л. — Прекрасно! Если бы ты рассчитал величину выходного сопротивления для больших значений тока, то обнаружил бы, что оно еще меньше. Но не забывай, что мы имеем дело с транзистором средней мощности. Если бы мы взяли маломощный транзистор с такими характеристиками, какие показаны, например, на рис. 7, то величина выходного сопротивления оказалась бы намного большей. Действительно, эти кривые почти горизонтальны, и даже большое увеличение  $U_K$  вызывает лишь незначительный прирост тока  $I_K$ , и их частное выражается величиной в несколько миллионов ом.

Н. — Какое странное создание этот транзистор, у которого входное сопротивление низкое, а выходное — высокое. Можно подумать, что он нарочно сделал это, чтобы показать нос электронным лампам ... А, я догадался! Входное сопротивление мало потому, что по переходу эмиттер — база ток проходит в прямом направлении, а через переход база — коллектор току приходится идти в обратном направлении, преодолевая переход с трудом, поэтому выходное сопротивление получается высоким.

Л. — Это совершенно законное рассуждение, но я опасюсь, что твои сегодняшние запасы фосфора подходят к концу и твоё входное сопротивление становится колоссальным.

# ВЫБОР ТИПОВ ТРАНЗИСТОРОВ И РАБОТА С НИМИ<sup>1</sup>

**Выбор транзисторов для различных каскадов.** В предварительных каскадах усиления низкой частоты практически могут применяться маломощные транзисторы любых типов. Лишь в первом каскаде высокочувствительных усилителей рекомендуется применять транзисторы с малыми шумами (например, П13Б). Если усиление первого каскада мало, то низкошумящий транзистор может потребоваться и во втором каскаде. Для снижения собственных шумов транзисторов полезно ставить их в облегченный режим (ток эмиттера порядка 0,3 мА и напряжение коллектора 1—2 в). При замене одного типа транзистора другим в усилителе низкой частоты целесообразно применять транзистор с коэффициентом усиления по току  $\beta$  не ниже, чем у заменяемого. При недостаточных мерах стабилизации рабочей точки может потребоваться подбор сопротивления резистора в цепи базы для установлики необходимого тока коллектора.

Кремниевые транзисторы в своей массе обладают худшими электрическими характеристиками, чем германиевые, а потому их применение оправдано лишь в случае работы при температуре выше 70°С или при необходимости иметь особо малые начальные токи.

В резонансных усилителях высокой и промежуточной частоты, а также в высокочастотных генераторах следует применять транзисторы, у которых граничная частота ( $f_a$  или частота генерирования  $f_{max}$ ) по крайней мере в 3—5 раз превышает наивысшую рабочую частоту.

Замена транзистора в налаженной схеме другим, даже превосходящим первый по всем параметрам, может потребовать подстройки колебательных контуров и подбора вновь элементов нейтрализующей цепочки, без чего возможно резкое ухудшение работы каскада и даже самовозбуждение.

Взаимозамена транзисторов в оконечных каскадах усиления низкой частоты возможна в рамках родственных подтипов или за счет применения транзисторов, рассчитанных на большую мощность, чем заменяемый. Для двухтактных каскадов следует подбирать пары транзисторов с близкими значениями коэффициента усиления по току при большом коллекторном токе.

При любых заменах транзистора одного типа другим необходимо следить за тем, чтобы предельные режимы вновь выбранного типа транзистора допускали его применение в данном каскаде.

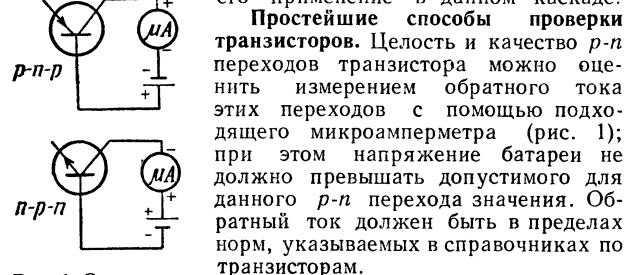


Рис. 1. Схемы измерения обратного тока коллектора у транзисторов структуры *p-n-p* и *n-p-n*.

**Простейшие способы проверки транзисторов.** Целость и качество *p-n* переходов транзистора можно оценить измерением обратного тока этих переходов с помощью подходящего микроамперметра (рис. 1); при этом напряжение батареи не должно превышать допустимого для данного *p-n* перехода значения. Обратный ток должен быть в пределах норм, указываемых в справочниках по транзисторам.

При такой проверке надо соблюдать правильную полярность включения батареи в соответствии со структурой проверяемого транзистора.

Оценку коэффициента усиления по току  $\beta$  проще всего произвести при помощи схемы, приведенной на рис. 2.

Коэффициент усиления по току приближенно равен:

$$\beta = \frac{I_k R}{E},$$

где  $E$  — напряжение источника питания (3—5 в);

$I_k$  — измеренное миллиамперметром *мА* значение тока коллектора, *мА*;

$R$  — сопротивление резистора, включенного в цепь базы, *ком*.

Во избежание повреждения транзистора начинать измерение надо с большим сопротивлением резистора  $R$  (порядка 180—470 *ком*), постепенно уменьшая его, если ток коллектора оказывается малым.

**Важнейшие правила эксплуатации транзисторов.** Для предотвращения механических повреждений транзисторов следует осторожно обращаться с их выводами: не подвергать выводы многократным перегибам, избегать острых углов перегиба, производить изгиб выводов лишь на расстоянии не менее нескольких миллиметров от транзистора. Хотя транзисторы в целом обладают высокой механической прочностью, все же их следует оберегать от падения.

При эксплуатации в условиях вибраций (на транспорте) транзисторы всех типов необходимо прочно крепить за корпус.

Наиболее опасным для транзисторов является воздействие высокой температуры. Поэтому необходима предосторожность при впаивании транзисторов в схему и при работе паяльником вблизи смонтированных транзисторов.

Подпаивать выводы транзисторов надо быстро (в течение 2—3 сек) на возможно большем расстоянии от корпуса. Желательно применять низкотемпературные припои и маломощные паяльники.

Во время пайки между припаяваемой точкой вывода и корпусом транзистора надо создавать теплоотвод, например пережимать припаяваемый вывод губками плоскогубцев, причем отпускать плоскогубцы надо лишь после остывания места пайки.

Опасен перегрев транзистора и во время работы, который может произойти в результате расположения транзистора вблизи других выделяющих тепло элементов (ламп, трансформаторов и т. п.) или за счет собственного тепловыделения транзистора. Конструируя аппаратуру с транзисторами, следует продумывать условия общего теплообмена разрабатываемого прибора с внешней средой, предусматривать отверстия для выхода теплого воздуха из корпуса прибора. Эти меры особенно необходимы в приборах с большим суммарным потреблением мощности.

Нормальная работа мощных транзисторов, как правило, требует применения радиаторов теплоотводящих устройств. Радиаторами могут служить металлические шасси, на которых крепятся транзисторы или пластины из красной меди или алюминия.

Эффективность отвода тепла зависит от общей поверхности радиатора, поэтому для экономии места выгодно делать радиаторы ребристыми.

Хороший теплоотвод достигается только при условии, что между соприкасающимися поверхностями корпуса транзистора с одной стороны и шасси или радиатором с

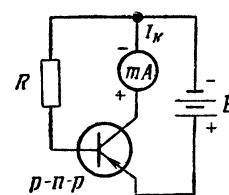


Рис. 2. Простейшая схема измерения коэффициента усиления по току. В случае транзистора структуры *p-n-p* полярности источника питания  $E$  и миллиамперметров обратны.

<sup>1</sup> Лабутин В. К., Транзисторы, Госэнергиздат, 1962 (Массовая радиобиблиотека. Справочная серия). Новая редакция.



другой нет воздушных прослоек. Эти части поверхностей рекомендуются тщательно шлифовать.

Ввиду того, что у большинства мощных транзисторов с корпусом соединен коллектор, транзистор часто приходится изолировать от теплоотводящего устройства. Для того чтобы при этом не слишком ухудшить тепло-

передачу, в качестве изоляционной прокладки используют тончайший листок слюды.

Если транзистор крепят не на шасси, а на отдельной теплоотводящей пластине или на радиаторе иной конструкции, следует последний изолировать от шасси, а не транзистор от радиатора.

## ЛИТЕРАТУРА

Жеребцов И. П. Основы электроники, Госэнергоиздат, 1960 (Массовая радиобиблиотека, учебная серия).

Популярный учебник для радиолюбителей и широкого круга читателей, интересующихся современной электроникой и имеющих элементарные знания по физике и электротехнике.

В книге, содержащей 600 страниц, рассматриваются физические основы устройства и работы электронных, ионных и полупроводниковых приборов. Значительное место отводится вопросам их применения в радиотехнических устройствах. В 1967 г. выйдет второе издание.

Кауфман М. С. и Янкин Г. М., Электронные приборы (учебное пособие для техникумов), изд. 2-е, переработанное, под ред. Р. А. Нилендера, Госэнергоиздат, 1960.

Изложены теория работы, конструкции и основы расчета электронных и полупроводниковых приборов. Показана связь параметров и конструкций приборов с важнейшими схемами их применения.

Лабутин В. К. Простейшие конструкции на транзисторах, изд. 2-е, переработанное и дополненное, Госэнергоиздат, 1960 (Массовая радиобиблиотека).

На примерах описания простейших схем с транзисторами брошюра знакомит читателя с общими принципами их действия и основами применения транзисторов в приемно-усилительной аппаратуре.

Браммер Ю. А. и Малинский В. Д., Радиотехника, Учебник для техникумов по специальности «Производство аппаратуры», Госэнергоиздат, 1961.

В книге значительное место уделено изложению основ электронных, ионных и полупроводниковых приборов.

Бройде А. М. и Тарасов Ф. И., Справочник по электровакуумным и полупроводниковым приборам, Госэнергоиздат, 1961 (Массовая радиобиблиотека).

Приведены данные свыше 200 типов приемно-усилительных радиоламп, кенотронов, генераторных ламп малой и средней мощности, кинескопов, стабилизаторов напряжений и тока, полупроводниковых диодов и транзисторов.

Книга рассчитана на широкие круги радиолюбителей-конструкторов.

Соколов А. А., Основы электроники, Профтехиздат, 1962. Учебное пособие для учащихся профессионально-технических училищ.

Изложены физические основы электроники, дано описание электронных, ионных, полупроводниковых и фотоэлектронных приборов, приведены их характеристики и разъяснен физический смысл происходящих в них процессов.

Книга может быть полезна широким кругам радиолюбителей.

Соболевский А. Г., Цоколевка радиоламп, Госэнергоиздат, 1963 (Массовая радиобиблиотека, справочная серия).

В брошюре приводятся цоколевки (схемы соединений электродов с внешними выводами) наиболее распространенных отечественных радиоламп.

Айсберг Е., Транзистор? ... Это очень просто! (перевод с французского), под общей редакцией В. К. Лабутина, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

Книга знакомит широкие круги читателей с полупроводниковыми приборами. Физические процессы в этих приборах изложены автором в весьма доступной форме для читателя, не имеющего специальной подготовки.

Изложение ведется в форме бесед между преподавателем радиоэлектроники и его любознательным другом, работающим монтажником на радиозаводе.

Дыкин А. В., Электронные, ионные и полупроводниковые приборы, изд-во «Энергия», 1964.

Учебник для радиотехнических техникумов.

Изложены физические основы вакуумной электроники: электронная эмиссия, диод, триод, многоэлектродные лампы, лампы УКВ и СВЧ, полупроводниковые приборы, электронно-лучевые трубки, газоразрядные и фотоэлектронные приборы.

Изюмов Н. М. и Линде Д. П., Основы радиотехники, изд. 2-е, переработанное, изд-во «Энергия», 1965 (Массовая радиобиблиотека, учебная серия).

В книге уделено значительное место изложению основ электроники, электронным лампам и полупроводниковым приборам.

Зайцев В. А. и Николаев С. Н. Краткий справочник по электровакуумным приборам, изд-во «Энергия», 1965 (Массовая радиобиблиотека).

Книга содержит справочные сведения об отечественных приемно-усилительных лампах, кенотронах, стабилизаторах и тиратронах с холодным катодом, а также о фотоэлементах, фотоумножителях и электронно-лучевых трубках.

В справочнике все электронные приборы разбиты на группы по принципу их применения. Для каждой группы дается сравнительная таблица параметров и приводятся анодно-сеточные характеристики, причем для удобства сравнения характеристики отдельных ламп каждой группы помещены на одном рисунке.

На основе данных, приведенных в справочнике можно не только выбрать нужную лампу, но и сделать наброски расчета для большинства практических схем.





## ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ РАДИОАППАРАТУРЫ

### ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ <sup>1</sup>

При растворении кислот, солей и щелочей в воде их молекулы распадаются на две части, заряженные разноименным электричеством. Такие заряженные частицы называются *ионами*. В водных растворах одним из ионов является ион металла или водорода, заряженный положительно (атомы этих веществ потеряли один или несколько электронов). Другим ионом является оставшаяся часть молекулы, получившая потерянные атомами металла или водорода электроны и, поэтому заряженная отрицательно.

Водный раствор вещества с распавшимися на ионы молекулами сравнительно хорошо проводит электрический ток и называется *электролитом*.

При погружении в электролит какого-либо металла между электролитом и металлом начинается химическое взаимодействие. Например, при погружении цинковой пластинки в раствор серной кислоты атомы цинка, оставляя на пластинке по два своих электрона, начинают переходить в раствор в виде положительных ионов, в результате чего цинковая пластинка, обогащаясь электронами, заряжается отрицательно (рис. 1). В то же время раствор, получая положительные ионы цинка, заряжается положительно.

Такое растворение цинка будет продолжаться до тех пор, пока отрицательный заряд цинковой пластинки, а следовательно, и сила притяжения ею положительно заряженных ионов цинка не уравновесят стремления ионов цинка отрываться от пластинки и переходить в раствор.

Различные металлы обладают различной способностью растворяться в данном электролите и заряжаются до разных потенциалов. Следовательно, если в электролит погрузить две пластинки из различных металлов, то между ними появится некоторая разность потенциалов. Для каждой пары металлов характерна определенная разность потенциалов.

Одну из металлических пластинок можно заменить нерастворяющейся в электролите угольной пластинкой. Тогда угольная пластинка приобретает потенциал раствора, а между нею и металлической пластинкой устанавливается разность потенциалов, необходимая для уравнивания стремления данного металла к растворению.

Погрузив в раствор электролита две пластинки из раз-

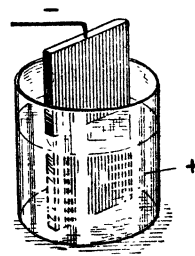


Рис. 1. Цинковая пластинка при погружении в раствор серной кислоты начинает растворяться; при этом она заряжается отрицательно.

<sup>1</sup> Костыков Ю. В. и Ермолаев Л. Н., Первая книга радиолюбителя, Воениздат, 1961.

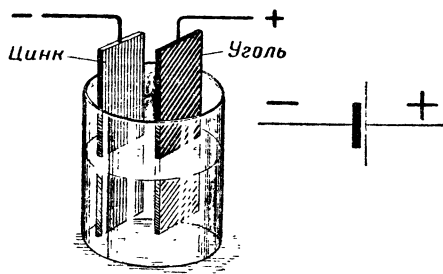


Рис. 2. Простейший химический источник электрической энергии — гальванический элемент и его условное изображение на схеме.

личных металлов (или металлическую и угольную пластинки), получают простейший химический источник разности потенциалов, или химический источник электрической энергии, называемый *гальваническим элементом*. Наиболее употребительной парой, применяющейся в современных гальванических элементах, являются цинк и уголь.

При соединении угольной и цинковой пластинок гальванического элемента внешним проводником электроны, скопившиеся на цинковой пластинке, начнут двигаться к угольной пластинке. Образующийся на цинковой пластинке недостаток электронов нарушит установившееся равновесие, и цинковая пластинка опять начнет отдавать свои ионы в раствор. В то же время приходящие на угольную пластинку электроны начнут соединяться с положительными ионами водорода, находящимися в растворе вблизи угольной пластинки, превращая их в нейтральные атомы (молекулы серной кислоты при растворении в воде распадаются на положительные ионы водорода и отрицательные ионы кислотного остатка). В результате на угольной пластинке будут выделяться пузырьки водорода. Следовательно, за счет химической реакции цинка с раствором серной кислоты на пластинках, или электродах, элемента будет поддерживаться постоянная разность потенциалов, или э. д. с.

Электродвижущая сила элемента зависит только от свойств веществ, из которых он состоит, и не зависит от его формы, размеров, конструкции и т. п.

На схемах химические источники электрической энергии изображаются в виде двух черточек: положительный электрод — в виде длинной и тонкой, а отрицательный — в виде короткой и толстой (рис. 2).

### ГАЛЬВАНИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ

Описанный выше простейший химический источник электрической энергии — гальванический элемент, состоящий из цинковой и угольной

пластинок, погруженных в раствор кислоты, — практически не может быть использован для питания радиоустройств из-за присущего ему большого недостатка. Как отмечалось, при работе такого элемента на угольной пластинке выделяются пузырьки водорода, в результате чего через очень непродолжительное время вся угольная пластинка оказывается покрытой слоем этих пузырьков, которые, во-первых, препятствуют прохождению тока и, во-вторых, уменьшают э. д. с. элемента. Это явление носит название *поляризации элемента*.

Чтобы уничтожить или хотя бы уменьшить вредное влияние поляризации, положительный угольный электрод элемента окружают особыми веществами — *деполяризаторами*, которые легко соединяются с водородом.

В зависимости от применяемого электролита, материала электродов и деполяризатора получается тот или иной тип гальванического элемента.

Наибольшее распространение в радиотехнике получили угольно-цинковые элементы. В них электродами служат угольная и цинковая пластинки, электролитом — 15-процентный раствор нашатыря, а деполяризатором — перекись марганца. Перекись марганца — вещество, богатое кислородом. Кислород может легко отделяться от перекиси марганца (перекись марганца переходит в окись марганца) и соединяется с образующимся возле угольного электрода водородом, образуя воду.

В настоящее время промышленностью выпускаются *сухие* и *водоналивные* угольно-цинковые элементы.

Устройство сухого гальванического элемента показано на рис. 3. Элемент состоит из цинковой коробки, являющейся одновременно отрицательным полюсом, угольного электрода, служащего положительным полюсом, деполяризатора и электролита.

Деполяризатор представляет собой плотно спрессованную массу, покрывающую угольный электрод и заключенную в холщовый мешочек. Основу этой массы составляет перекись марганца. К обоим электродам элемента присоединены изолированные проводники. В электролит добавляются крахмал или мука, чтобы получилась непроливающаяся желеобразная масса.

Элемент помещают в картонный футляр, а сверху для предохранения от высыхания его заливают слоем смолы.

В водоналивных элементах вместо сгущенного электролита помещают сухой нашатырь. В таком состоянии эти элементы могут храниться продолжительное время. Перед употреблением в элемент через специальные отверстия наливается чистая вода, растворяющая нашатырь.

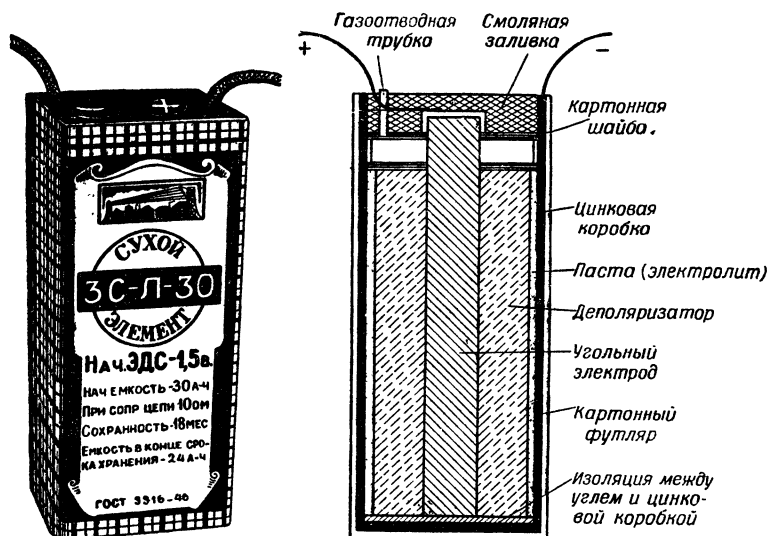


Рис. 3. Внешний вид и устройство сухого угольно-цинкового элемента.

*Элементы с воздушной деполяризацией.* Угльные электроды этих элементов имеют особую форму и подвергаются специальной обработке. При работе элемента такой электрод своей верхней, наружной частью поглощает кислород воздуха, а нижней, погруженной в электролит, — водород, образующийся у положительного полюса. В порах углеродного электрода эти газы химически соединяются, образуя воду. Таким образом водород устраняется из элемента, чем достигается уменьшение поляризации.

Встречаются элементы и с комбинированной — марганцевой и одновременно воздушной — деполяризацией (элементы МВД).

## СОЕДИНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ В БАТАРЕИ <sup>1</sup>

Источники электрического тока могут соединяться между собой последовательно, параллельно и смешанно.

Несколько элементов, соединенных между собой последовательно, параллельно или смешанно для совместной работы, называются *батареями*.

**Последовательное соединение.** Электродвижущая сила одного элемента около 1,5 в. Если для питания цепи требуется источник тока с большей э. д. с., то элементы надо соединить последовательно (рис. 1). При этом отрицательный полюс первого элемента соединяется с положи-

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

Угольно-цинковый элемент дает э. д. с. около 1,5 в. Электродвижущая сила элемента не зависит ни от размеров, ни от формы, ни от конструкции элемента, а зависит только от материала электродов и от состава электролита.

Величина же тока, которую можно получить от элемента, целиком определяется его размерами, точнее площадью его электродов. Чем больше поверхность электродов, тем больший ток может дать элемент. Для каждого типа элемента существует *номинальный разрядный ток*. При большем токе происходит усиленная поляризация элемента, с которой не справляется деполяризатор, вследствие чего э. д. с. элемента быстро падает и элемент портится.

В зависимости от количества химических веществ в элементе (цинка электролита и деполяризатора) он может дать то или иное количество электричества. Количество электричества, которое элемент может отдать при разряде (обычно до 1—0,7 в) называется емкостью элемента.

Емкость элемента принято измерять в *ампер-часах* (а·ч).

*Ампер-час* — количество электричества, протекающего по проводу в течение одного часа при величине тока в один ампер. Если, например, емкость элемента равна 100 а·ч, то при максимальном разрядном токе 0,15 а он будет давать ток в течение  $100 : 0,15 = 667$  ч.

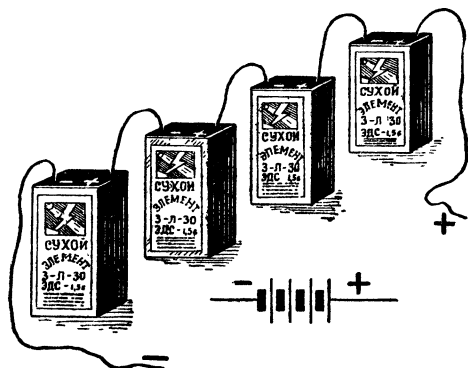


Рис. 1. Последовательное соединение элементов в батарею.

<sup>1</sup> Тихонов С. Н., Основы электрорадиотехники, Воениздат, 1959.

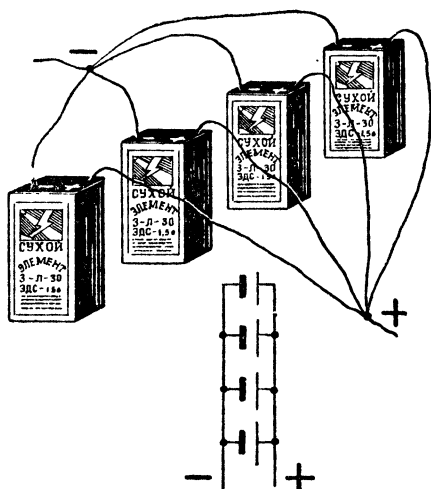


Рис. 2. Параллельное соединение элементов в батарее.

тельным полюсом второго, отрицательный полюс второго — с положительным полюсом третьего и т. д.

При последовательном соединении э. д. с. батареи равна сумме э. д. с. отдельных элементов. Внутреннее сопротивление батареи также равно сумме внутренних сопротивлений отдельных элементов, а емкость батареи равна емкости одного элемента.

Если батарея состоит из  $n$  одинаковых элементов, то величина тока во внешней цепи определяется по формуле

$$I = \frac{En}{R_0 n + R},$$

где  $E$  — э. д. с. одного элемента;

$R_0$  — внутреннее сопротивление одного элемента;

$R$  — сопротивление внешней цепи.

**Параллельное соединение.** При параллельном соединении положительные полюсы соединяются между собой, образуя «+» батареи; соединяются между собой также и отрицательные полюсы, образуя «—» батареи (рис. 2). Параллельно можно соединять только элементы, имеющие одинаковую э. д. с. и одинаковое внутреннее сопротивление (однотипные элементы). Если этого не соблюдать, то отдельные элементы будут разряжаться через другие элементы, а это крайне

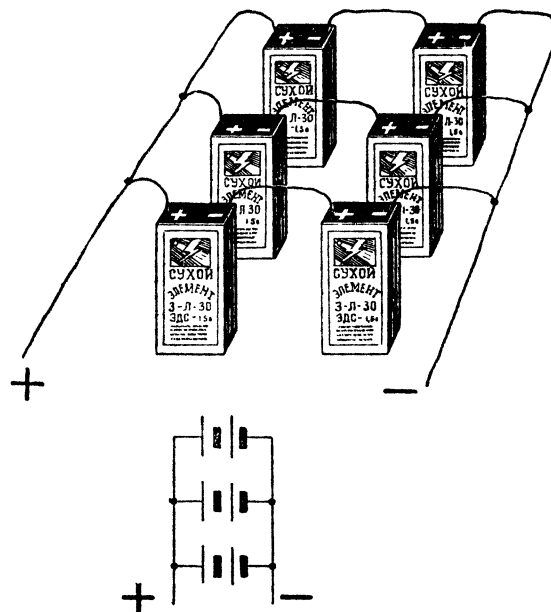


Рис. 3. Смешанное соединение элементов в батарее.

нежелательно, так как срок службы батареи сократится.

При параллельном соединении э. д. с. батареи равна э. д. с. одного элемента. Внутреннее сопротивление батареи уменьшается во столько раз, сколько включено элементов (однотипных); во столько же раз увеличивается емкость батареи.

Ток во внешней цепи определяется по формуле

$$I = \frac{E}{\frac{R_0}{n} + R},$$

где  $n$  — число однотипных элементов, соединенных параллельно в батарее.

**Смешанное соединение.** При смешанном соединении элементы соединяются последовательно (параллельно) в несколько групп, а группы между собой соединяются параллельно (последовательно). На рис. 3 схематически изображена батарея, которая состоит из двух групп элементов, соединенных параллельно. Элементы в каждой группе соединены последовательно.

Число групп в батарее может быть самое разнообразное, но число элементов в каждой группе должно быть одно и то же.

## ОКИСНО-РТУТНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И БАТАРЕИ <sup>1</sup>

Батареи старых типов, несмотря на дешевизну и простоту технологии изготовления, обладают рядом недостатков и в первую очередь

имеют малую удельную энергию (количество энергии, приходящейся на единицу веса элемента), значительное понижение напряжения по мере разряда батареи, плохое использование активных материалов и т. д. Окисно-ртутные

<sup>1</sup> Журнал «Радио», 1962, № 5.



Герметичные окисно-ртутные элементы.

1 — стальной корпус с положительным электродом; 2 — пористые прокладки с электролитом; 3 — резиновая уплотняющая прокладка; 4 — крышка корпуса с отрицательным электродом.

элементы свободны от многих из перечисленных недостатков и, несмотря на относительно высокую стоимость, находят все большее распространение.

Высокая механическая прочность окисно-ртутных элементов, герметичность, отсутствие гибких контактов позволяют использовать эти источники питания в условиях сильной тряски, вибраций, высокого и низкого давления. Начальное и конечное напряжение этих элементов составляет 1,25 и 0,96 в.

Каждый элемент заключен в стальной корпус, состоящий из двух половин, разделенных изоляционной прокладкой из резины. Внутри корпуса находится активная масса. Катод элемента (отрицательный электрод) выполняется из окиси ртути, а анод (положительный электрод) — из цинкового порошка. Активная масса смочена щелочным электролитом. Основание корпуса служит положительным электродом, крышка корпуса является отрицательным электродом. Основание и крышка разделены резиновым кольцом, представляющим собой изоляционную и герметизирующую прокладку. Герметизация элементов типа ОР настолько хороша, что даже при длительных сроках хранения (1—2 года) не наблюдается появления щелочного электролита. Незначительные следы солей, появляющихся у резиновой прокладки, не опасны для окружающей аппаратуры. Однако герметизация выбрана с таким расчетом, чтобы обеспечивалось выделение небольшого количества водорода, образующегося внутри корпуса элемента во время его работы. Пористая прокладка, разделяющая электроды, пропитана электролитом и не позволяет перемещаться активной массой положительной и отрицательной пластин, но не препятствует движению электрических зарядов от одного полюса к другому внутри корпуса элемента.

В табл. 1 помещены основные конструктивные и электрические параметры окисно-ртутных элементов, нашедших наибольшее распространение для питания аппаратуры на транзисторах. Элементы без индекса К отличаются от элементов

с этим индексом только высотой и соответственно большей емкостью. Они предназначены для более длительных режимов эксплуатации и могут сохраняться более длительное время.

Таблица 1

Тип	Емкость, а·ч	Номинальный ток, ма	Сохранность, мес.	Высота, мм	Диаметр, мм
ОР-1к	0,2	10	9	6,3	15,6
ОР-2к	0,5	20	12	7,4	21,0
ОР-3к	1,0	35	12	8,4	25,5
ОР-4к	1,6	50	12	9,4	30,1
ОР-1	0,6	10	18	12,5	15,6
ОР-2	1,1	20	18	13	21,0
ОР-3	1,8	35	18	13,5	25,5
ОР-4	2,8	50	18	14,0	30,1

При желании все перечисленные элементы можно объединять в батареи. При этом элементы могут соединяться как последовательно, так и параллельно. Соединение осуществляется с помощью никелевой ленты, привариваемой к корпусу элементов. Последовательно соединенные элементы образуют столбик, который изолируют органической пленкой.

Окисно-ртутные батареи предназначены в основном для работы при температурах выше 0° С. Чем больше разрядный ток, тем сильнее меняется напряжение, развиваемое окисно-ртутным элементом при изменении температуры.

Разрядная емкость элементов типа ОР зависит от тока нагрузки и значительно меняется в зависимости от температуры. Чем ниже температура, тем меньше емкость элементов.

Если элемент ОР эксплуатировался при низких температурах и при этом отдал полностью свою емкость, то при повышении окружающей температуры он может восстановить свою работоспособность и отдать оставшуюся часть емкости, нормальную для повышенной температуры.

# АККУМУЛЯТОРЫ <sup>1</sup>

Аккумулятором электрической энергии называют прибор, который может сохранять электрическую энергию, накапливаемую при пропускании через него электрического тока от постороннего источника э. д. с. Эту энергию аккумулятор может отдавать во внешнюю электрическую цепь по мере надобности.

При пропускании тока через аккумулятор в нем происходит химическое изменение вещества и его составных частей. Если после этого аккумулятор включить для работы в электрическую цепь, происходит обратная химическая реакция и вещество составных частей его переходит в первоначальное состояние. При этом выделяется энергия в виде электрического тока.

Процесс пропускания через аккумулятор тока от внешнего источника называется *зарядом аккумулятора*. Процесс получения электрического тока от аккумулятора называют его *разрядом*.

Количество электричества, которое отдает аккумулятор при его разряде, называют *емкостью*. Емкость аккумулятора можно определить, если умножить силу разрядного тока, измеряемую в амперах, на количество часов, в течение которых происходит разряд. Поэтому емкость аккумулятора измеряется в ампер-часах ( $a \cdot ч$ ).

Аккумуляторы могут сохранять электрическую энергию довольно долго, и поэтому ими широко пользуются, особенно в тех случаях, когда источник электрической энергии должен перемещаться вместе с устройствами, которые он питает.

**Свинцовые аккумуляторы.** Свинцовый аккумулятор состоит из электродов, изготовленных в виде *свинцовых пластин*, погружаемых в сосуд с водным раствором *серной кислоты* (электролита) (рис. 1). Положительные пластины (аноды) покрыты перекисью свинца и имеют темно-коричневый цвет. Отрицательные пластины (катоды) серого цвета и состоят из губчатого свинца. Внутри сосуда пластины устанавливаются в таком порядке: отрицательная, затем положительная, затем снова отрицательная и так далее. Поэтому отрицательных пластин всегда на одну больше, чем положительных.

При разряде свинцовых аккумуляторов на обоих электродах образуется серноокислый свинец, а при заряде он снова переходит в перекись свинца на аноде и в губчатый свинец на катоде.

В процессе заряда аккумулятора ионы водорода (H) перемещаются по направлению тока, а ионы, образовавшиеся в результате разложения

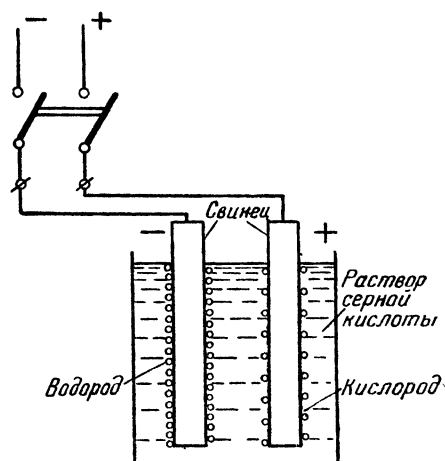


Рис. 1. Устройство простейшего кислотного аккумулятора.

серной кислоты (SO), движутся против направления тока.

К концу заряда аккумулятора плотность электролита увеличивается. Ее измеряют при помощи *ареометра*, который представляет собой стеклянную трубку с делениями. Эта трубка запаяна с обоих концов. На одном конце ее имеется расширение, заполненное ртутью.

Ареометр в электролите плавает вертикально и поднимается тем выше, чем больше плотность его. Деление на уровне жидкости показывает ее плотность.

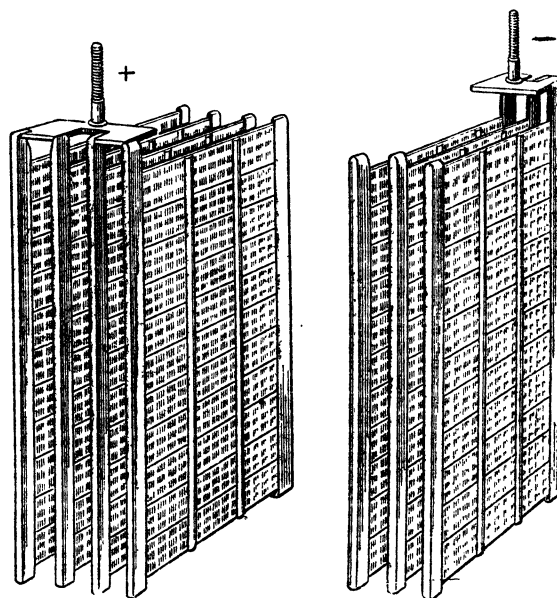


Рис. 2. Пластины щелочного аккумулятора.

<sup>1</sup> Пасечник Н. Д., Элементарная электротехника, Гостехиздат УССР, 1963.





Рис. 3. Банка щелочного аккумулятора.

конце разряда быстро уменьшается до 1,7 в и затем до нуля.

**Щелочные аккумуляторы.** В щелочных аккумуляторах пластины и сосуды изготавливаются из стали. В качестве электролита применяется раствор едкого кали (КОН) в дистиллированной воде. В этих аккумуляторах электролитом может

При заряде свинцового аккумулятора напряжение его вначале быстро возрастает до 2—2,2 в, потом медленно поднимается до 2,3 в, а в конце заряда быстро возрастает до 2,6 в, после чего опять медленно увеличивается до 2,7—2,8 в. При напряжении 2,7 в аккумулятор начинает сильно кипеть. Это показывает, что он уже заряжен. «Кипение» объясняется выделением газов в конце заряда.

В процессе разряда аккумулятора напряжение его быстро падает до 2—1,95 в, затем медленно понижается до 1,8 в и в

служить также раствор едкого натра. И тот и другой растворы являются щелочью, поэтому и аккумуляторы называются *щелочными* (рис. 3).

В щелочных аккумуляторах при заряде напряжение медленно поднимается от 1,4 до 1,5 в, затем повышается до 1,7 в и в конце заряда медленно возрастает до 1,8 в. При разряде напряжение быстро падает до 1,25 в, потом медленно снижается до 1,1 в.

Щелочные аккумуляторы удобны при перевозке, так как они не боятся сотрясений. Они отличаются прочностью конструкции, не выделяют в процессе работы и при заряде вредных газов, не боятся перегрузки и могут долго оставаться в полуразряженном или разряженном состоянии.

По сравнению со свинцовыми аккумуляторами щелочные аккумуляторы имеют меньшее номинальное рабочее напряжение, меньший к. п. д. и большее внутреннее сопротивление.

Внешний вид щелочного аккумулятора и конструкция его положительных и отрицательных пластин показаны на рис. 2 и 3.

Аккумуляторы могут служить и для накопления энергии, получаемой от ветроэлектродвигателей, солнечных батарей и других непостоянных источников энергии, и отдавать эту энергию соответственно во время отсутствия ветра или ночью. При выборе источников питания для той или иной аппаратуры следует учитывать, что стоимость энергии, получаемой от аккумуляторов, превышает стоимость энергии от сети в 4—5 раз.

## ГЕРМЕТИЧНЫЕ ЩЕЛОЧНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ <sup>1</sup>

Герметичные аккумуляторы были разработаны специально для питания малогабаритной переносной аппаратуры на транзисторах. Существуют два типа герметичных кадмиево-никелевых (щелочных) аккумуляторов — *дисковые* и *цилиндрические*.

Напряжение одной заряженной банки кадмиево-никелевых аккумуляторов равно 1,3 в, разряженной — 1 в. Емкость аккумуляторов при напряжении в 1 в на каждую банку бывает израсходована не полностью, однако разряжать его дальше не следует, так как такой глубокий разряд значительно сокращает срок службы аккумуляторов. В случае нормальной эксплуатации срок службы кадмиево-никелевых аккумуляторов составляет около 500 циклов заряд-разряд, после чего емкость аккумулятора снижается на 50%.

Рабочий интервал температур для большинства кадмиево-никелевых аккумуляторов находится в пределах от —10 до +50° С. Хранить аккумуляторы можно как в разряженном, так и в заряженном состоянии. В последнем случае в течение первых девяти суток емкость аккумулятора за счет саморазряда уменьшается на 25%.

Наибольшее распространение получили герметичные дисковые аккумуляторы следующих типов: Д-0,01; Д-0,06; Д-0,7; Д-0,12 и Д-0,2. Название аккумуляторов расшифровывается так — буква Д означает «дисковый», цифра показывает значение емкости в ампер-часах.

Все дисковые аккумуляторы имеют одинаковую конструкцию и различаются только размерами.

Аккумуляторы типа Д собраны в стальном никелированном корпусе, состоящем из двух частей — крышки и собственно корпуса. Акку-

<sup>1</sup> Журнал «Радио», 1962, № 6.



Герметичные кадмиево-никелевые аккумуляторы.

1 — крышка корпуса; 2 — корпус; 3 — сепаратор; 4 — сетка; 5 — пружина; 6 — отрицательный электрод; 7 — герметизирующая прокладка; 8 — положительный электрод.

мулятор неразборный, крышка завальцовывается на корпусе и в дальнейшем не снимается. Внутри корпуса находятся отрицательные и положительные пластины.

Между пластинами находится сепаратор, и всей конструкции придается жесткость с помощью специальной пружины. Внешние виды и разрез, показывающий внутреннее устройство аккумуляторов типа Д, показаны на рисунке.

Дисковые аккумуляторы рассчитаны для работы при температурах выше  $0^{\circ}\text{C}$ , при минусовых температурах емкость аккумуляторов значительно уменьшается. Основные электрические параметры и вес дисковых и цилиндрических аккумуляторов помещены в табл. 2.

В цилиндрических аккумуляторах использованы пластины из того же материала, что и в дисковых, различие их состоит только в форме. Название этих аккумуляторов расшифровывают следующим образом: ЦНК-0,2 — означает, что

Таблица 2

Тип аккумулятора	Емкость, а·ч	Режим заряда		Ток разряда, ма			Вес, г
		Ток, ма	Время, ч	10 ч	3 ч	1 ч	
Д-0,01	0,01	1	15	1	3,3	10	—
Д-0,06	0,06	6	15	6	20	60	3,6
Д-0,07	0,07	7	15	7	30	70	4,8
Д-0,12	0,12	12	15	12	40	120	6,8
Д-0,2	0,2	25	15	20	65	200	14,2
ЦНК-0,2	0,2	20	15	20	65	20	15
ЦНК-0,45	0,45	45	15	45	150	450	21
ЦНК-0,85	0,85	85	15	85	280	850	41

это цилиндрический никель-кадмиевый аккумулятор, емкость которого составляет 0,2 а·ч.

Перечисленные выше малогабаритные герметичные аккумуляторы могут быть объединены в батареи. Нашей промышленностью выпускается несколько типов батарей, набранных как из дисковых, так и из цилиндрических аккумуляторов.

## СОЛНЕЧНЫЕ БАТАРЕИ <sup>1</sup>

Солнечная батарея представляет собой устройство, превращающее солнечную энергию в электрический ток. Она состоит из полупроводниковых фотоэлементов с запирающим слоем (см. стр. 107). Под действием света они вырабатывают собственную э. д. с., которая достигает в ряде случаев при прямом солнечном свете десятых долей вольта. Другими словами, эти фотоэлементы позволяют преобразовать лучистую энергию в электрическую. Их поэтому называют еще *фотоэлектрическими преобразователями*, или просто *фотопреобразователями*. Наиболее совершенными из фотопреобразователей являются кремниевые.

Чистый кремний в природе в свободном состоянии не встречается. Наиболее распространена двуокись кремния, встречающаяся в виде кварцевого песка или кварца.

Однако процесс получения чистого кремния представляет большие трудности и стоит очень дорого. Но это далеко не все. Чтобы кремниевая пластина могла преобразовать энергию света в электрическую, нужно на нее путем нагревания при большой температуре (около  $1300^{\circ}\text{C}$ ) нанести весьма чувствительный к свету тонкий слой бора. Затем поверхности пластинки обрабатывают, чтобы на одной и той же пластинке иметь области с разными типами проводимости (см. стр. 113). В результате образуется полупроводниковый прибор, дающий ток под действием солнечных лучей.

В качестве контакта на пластинку кремния наносят слой металла. Для защиты преобразователей от механических повреждений, влаги и загрязнений их заключают в защитные корпуса, а рабочую поверхность покрывают специальным лаком.

На рис. 1 приведены некоторые типы отечественных фотопреобразователей. Чтобы судить об их размерах, надо иметь в виду, что фото-

<sup>1</sup> По брошюре А. Я. Глибермана и А. К. Зайцевой «Кремниевые солнечные батареи», Госэнергоиздат, 1961 (Массовая радиобиблиотека).

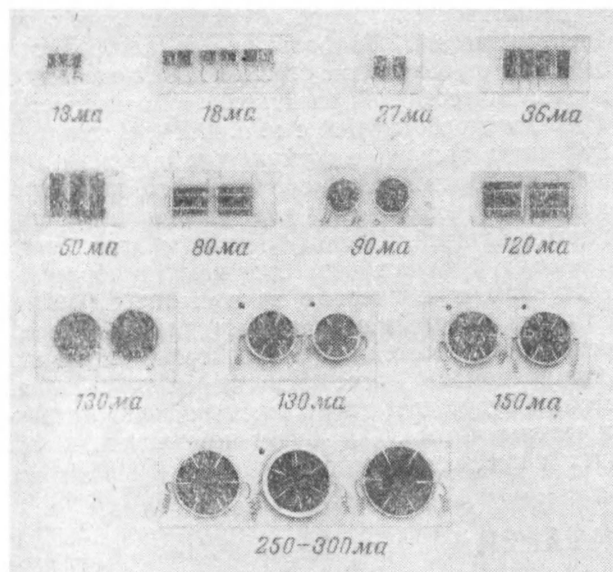


Рис. 1. Типы кремниевых фотоэлектрических преобразователей, выпускаемых отечественной промышленностью. Указанные на рисунке токи соответствуют рабочим напряжениям 400 мв.

преобразователи на ток 18 ма имеют площадь 1 см<sup>2</sup>.

Кремниевые фотопреобразователи соединяют в батареи путем последовательного и параллельного включения. На рис. 2 показаны способы последовательного соединения фотопреобразователей. Электродвижущая сила отдельного элемента не зависит от его площади и колеблется

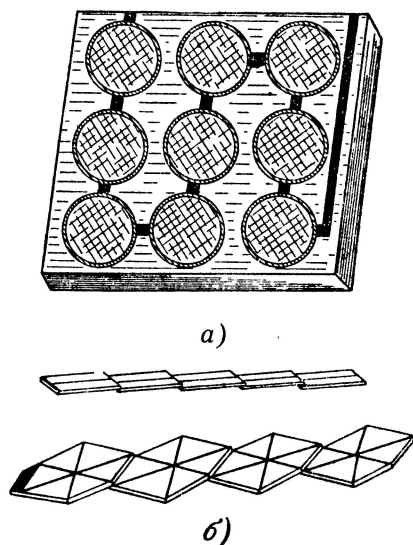


Рис. 2. Способы последовательного соединения фотоэлектрических преобразователей.

а — с помощью шин (проводов); б — внахлест.

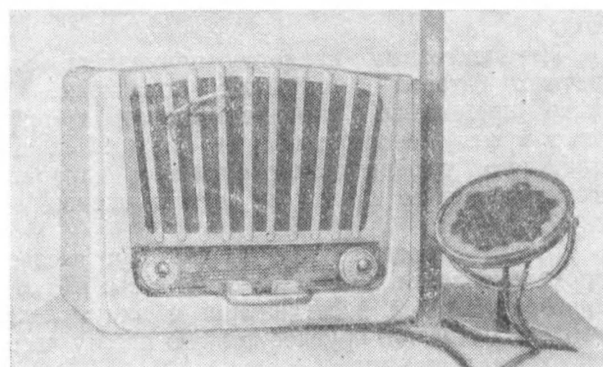


Рис. 3. Радиоприемник, питаемый от солнечной батареи.

между 0,5—0,55 в, а ток определяется площадью прибора и составляет около 20 ма на 1 см<sup>2</sup> при прямом освещении в ясную летнюю солнечную погоду. На ВДНХ демонстрировалась батарея, состоящая из 19 фотопреобразователей с площадью отдельного элемента 3 см<sup>2</sup>. Эта батарея отдает ток порядка 40 ма при напряжении 7 в.

Очень эффективным оказалось применение солнечных батарей для питания радиоаппаратуры искусственных спутников Земли.

Несомненно, что солнечные батареи будут использоваться для питания транзисторных приемников (рис. 3).

Есть уже такие батареи, которые дают достаточную энергию для транзисторного при-

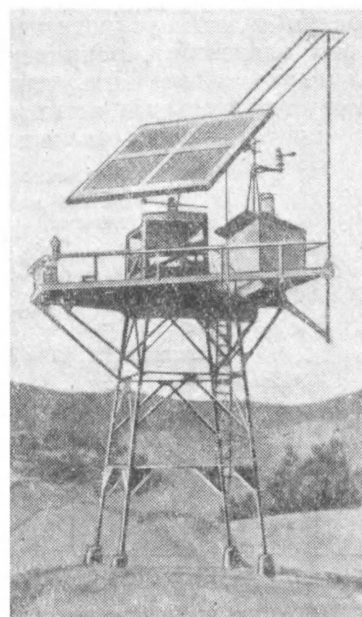


Рис. 4. Автоматическая метеостанция, питаемая от солнечной батареи, снабженной системой самонаведения на солнце.

емника при освещении их искусственным светом.

Перспективным является применение солнечных батарей в слуховых аппаратах. Четыре кремниевых фотопреобразователя работают в выпущенном одной из фирм США миниатюрном транзисторном слуховом аппарате, вмонтированном в одну из дужек оправы очков.

Научно-исследовательский институт часовой промышленности СССР разработал часы: 10 фотопреобразователей в соединении с аккумулятором обеспечивают круглосуточную работу часов при комнатном свете.

Солнечные батареи смогут питать автоматические метеорологические станции (рис. 4) и заряжать аккумуляторы световых бакенов.

## АТОМНЫЕ БАТАРЕИ <sup>1</sup>

В атомной электростанции электрическая энергия получается за счет использования тепловой энергии, выделяющейся при делении ядер урана. Электрическую энергию можно получить и не превращая энергию деления ядер в тепловую. Однако такие источники энергии, или, как их называют, атомные батареи, еще слишком маломощны, и поэтому промышленного значения пока не имеют.

Имеются два типа атомных батарей: высоковольтные и низковольтные.

Действие высоковольтной батареи основано на использовании явления радиоактивного распада некоторых элементов. Например, радиоактивным элементом может быть стронций-90, который содержится в отходах атомного производства. Стронций-90 — очень активный источник

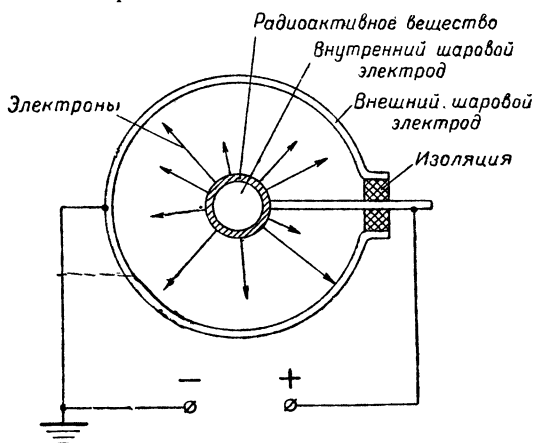


Рис. 1. Схематическое устройство шаровой высоковольтной атомной батареи.

<sup>1</sup> Тихонов С. Н., Основы электрорадиотехники, Воениздат, 1959.

Дебатируется вопрос о создании солнечных электростанций. Но большинство авторов считает, что строить такие станции пока нецелесообразно: для создания электростанции мощностью 1000 квт, работающей с к. п. д. 8% и имеющей буферную батарею аккумуляторов, нужна площадь преобразователей около 5—6 га, да и дорог кремний, необходимый для изготовления солнечных батарей. Поэтому считают более рациональным в ближайшем будущем преобразовывать солнечную энергию на месте потребления, создавая небольшие установки для удовлетворения потребностей в электроэнергии отдельных жилых домов. Такие станции на юге нашей страны будут достаточно экономичными и практически вечными. Они будут незаменимы в горных и пустынных районах.

ник излучения быстрых бета-частиц (электронов). Энергия этих частиц достаточно велика; они могут пролетать в атмосфере большое расстояние и создавать отрицательный потенциал на электроде, находящемся на некотором расстоянии от радиоактивного вещества. Само же радиоактивное вещество, испуская отрицательно заряженные частицы, становится положительно заряженным электродом (рис. 1). Максимальное напряжение, которое можно получить от атомной батареи, зависит от энергии испускаемых электронов и качества изоляции между электродами; оно может достигать десятков тысяч вольт. Максимальный ток зависит от числа атомов, распадающихся в течение 1 сек. Величина тока этих батарей ничтожно мала.

Рассмотрим принцип работы низковольтной атомной батареи. На поверхность полупроводника, например германия или кремния, наносится слой радиоактивного вещества; излучаемый этим слоем поток бета-частиц бомбардирует атомы полупроводника, выбивая из него очень большое количество медленных электронов (рис. 2).

Так как выбитые электроны в полупроводнике могут двигаться только в одном направлении, они накапливаются на металлическом коллек-

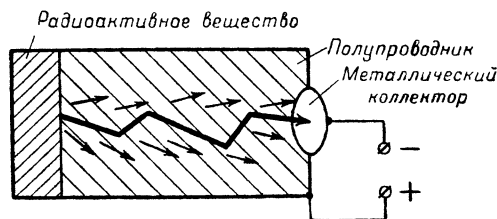


Рис. 2. Схематическое устройство низковольтной атомной батареи.

торе, приваренном к другой стороне полупроводника. Между коллектором и полупроводником возникает разность потенциалов. Электродвижущая сила такого элемента достигает 0,2 в при величине тока в несколько микроампер.

Атомные батареи, обладающие малыми раз-

мерами, выгодно использовать в сочетании с полупроводниковыми приборами.

Характерные особенности атомных батарей: большой срок службы (до 20 лет), небольшие размеры, высокая стабильность напряжения и надежность в эксплуатации.

## ПИТАНИЕ ЛАМП В СЕТЕВЫХ ПРИЕМНИКАХ <sup>1</sup>

Свойство диода пропускать ток только в одном направлении, называемое *односторонней проводимостью*, позволяет использовать его для преобразования переменного тока в постоянный или, как чаще говорят, для выпрямления переменного тока. В настоящее время для этой цели широко используются полупроводниковые диоды.

Схема использования диода как выпрямителя переменного тока очень проста (рис. 1). Между электродами диода включен источник переменного тока. Понять процессы, происходящие в этой схеме, лучше всего при помощи графика, показанного на рис. 2. Верхняя часть графика изображает напряжение источника переменного тока. Оно изменяется периодически с определенной частотой; характер изменения выражен кривой, носящей название *синусоиды*. С такой же частотой изменяется и напряжение на аноде диода относительно катода <sup>2</sup>. В течение половины каждого периода напряжение на аноде будет положительным, а в течение второй половины периода — отрицательным. Положительные полупериоды на графике заштрихованы.

Во время положительных полупериодов на аноде диод пропускает ток. Во время отрицательных полупериодов полупроводниковый переход диода запирается и ток через диод не течет. Измерительный прибор, включенный в цепь, будет регистрировать импульсы (толчки) тока по одному в течение каждой положительной половины периода; следовательно, число таких импульсов в секунду окажется равным частоте переменного тока.

Нормально в цепи переменного тока происходит, как известно, движение электронов то в одну, то в другую сторону. Так как движение электронов представляет собой электрический ток, можно сказать, что в такой цепи ток течет переменным то в одну, то в другую сторону. Но если в цепь переменного тока включить диод, то характер движения электронов (тока) изменится.

Ток будет течь в одну сторону отдельными импульсами. Во время каждого периода будет один импульс. Они будут чередоваться с промежутками, в течение которых тока не будет.

Если источником переменного тока является осветительная сеть, то частота будет равна 50 гц. Значит, 50 раз в секунду на аноде диода окажется положительное напряжение, и по цепи пройдет импульс тока. Такой ток называется *пульсирующим*; в данном случае частота пульсации равна 50 гц.

Выпрямление переменного тока является одним из весьма распространенных применений диода. Однако выпрямитель такого типа в радиоаппаратуре практически не применяется. Его недостаток состоит в том, что он дает пульсирующее напряжение. Чтобы разобраться в этом явлении, представим себе, что в цепь нашего выпрямителя включен какой-то потребитель тока — приемник, усилитель или какой-либо другой аппарат. В технике принято называть потребителей, пользующихся энергией из ка-

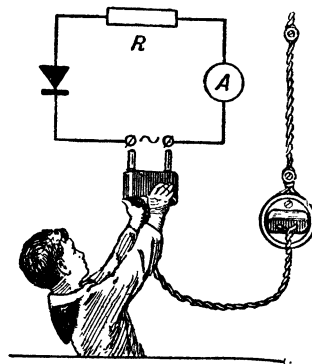


Рис. 1.

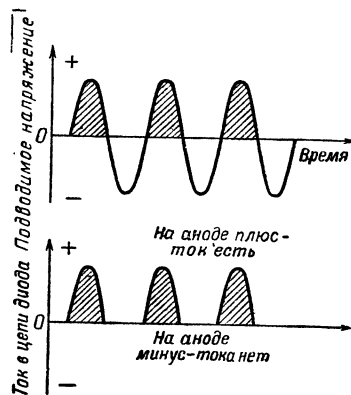


Рис. 2.

<sup>1</sup> Ле в и т и н Е. А., Ле в и т и н Л. Е., Электронные лампы, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека) (Новая редакция).

<sup>2</sup> Анодом авторы называют область *p* в пластинке полупроводника диода и катодом ее область *n* (см. стр. 113—115). (Прим. ред.)

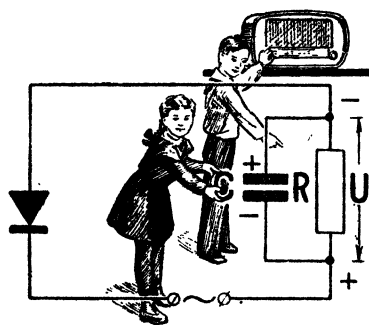
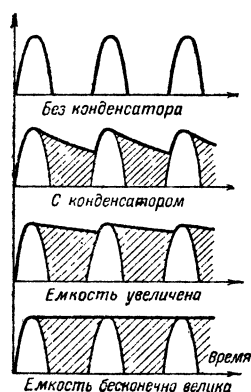


Рис. 3.

кой-нибудь цепи, нагрузкой. На рис. 1 нагрузка изображена в виде символа резистора — электрического сопротивления.

При прохождении тока через нагрузку  $R$  на ней образуется падение напряжения  $U$ . Знак и величина этого напряжения зависят от направления и величины тока. Поскольку пульсирующий ток в цепи диода течет всегда в одном направлении, знак напряжения на нагрузке будет постоянным, но величина его окажется переменной. В течение положительного полупериода переменного тока напряжения на нагрузке будет возрастать вместе с током, достигнет до наибольшего значения, затем уменьшится до нуля. Во время отрицательного полупериода переменного тока напряжения на нагрузке вообще не будет. Следовательно, в итоге на нагрузке создается пульсирующее напряжение, то появляющееся, то снова исчезающее. Между тем для питания большинства приборов требуется постоянное напряжение, знак и величина которого строго постоянны. Поэтому пульсирующее напряжение, которое дает наш простейший выпрямитель, надо превратить в постоянное, надо, как говорят, сгладить пульсации. Такое сглаживание производится при помощи специальных *фильтров*.

Простейшим фильтром является конденсатор  $C$ , присоединенный параллельно нагрузке  $R$ . Во время прохождения по цепи импульса выпрямленного тока конденсатор этот зарядится напряжением, равным по величине наибольшему падению напряжения на нагрузке. При уменьшении тока в цепи падение напряжения на резисторе  $R$  должно было бы точно так же уменьшаться. Но наличие конденсатора меняет картину. При уменьшении величины тока в цепи конденсатор начнет разряжаться через резистор нагрузки, поддерживая этим в нагрузке ток такого же направления. Поэтому при разряде конденсатора на нагрузке образуется падение

напряжения такого же знака, как и при прохождении выпрямленного тока.

По мере разряда конденсатора напряжение на его обкладках будет постепенно уменьшаться. Вместе с этим будет постепенно уменьшаться и падение напряжения  $U$  на нагрузке.

Такая компенсация уменьшения напряжения может быть показана графически (рис. 3). Заштрихованная часть кривой представляет собой ток, образованный в нагрузке за счет разряда конденсатора. Хотя ток и остается пульсирующим, характер пульсации изменился. Периоды, когда ток отсутствует, исчезли, хотя величина тока все же уменьшается очень значительно к концу каждого периода. Заряд, накопленный на конденсаторе, позволил заполнить просветы между импульсами выпрямленного тока.

Чем больше емкость конденсатора, тем больше и его заряд и, следовательно, тем дольше он сможет поддерживать ток в нагрузке. Если емкость конденсатора достаточно велика, то он не успевает разрядиться до нуля за время отрицательного полупериода переменного тока, и поэтому ток в нагрузке не прекращается, а лишь уменьшается. Если бы емкость конденсатора была очень велика, то конденсатор вообще не успевал бы разрядиться и напряжение на нагрузке оставалось бы постоянным. Поэтому на практике всегда стремятся сколь возможно увеличивать емкость конденсатора фильтра.

Дальнейшее улучшение сглаживающих свойств фильтра достигается путем введения в него дросселя  $L$  — катушки со стальным сердечником, обладающей большой индуктивностью, и второго конденсатора  $C_2$  (рис. 4). Дроссель обладает свойством препятствовать нарастанию и убыванию тока в цепи и поэтому способствует сглаживанию пульсаций выпрямленного тока. Назначение второго конденсатора  $C_2$  такое же, как и первого  $C_1$ . В результате действия такого фильтра на нагрузке получается постоянное напряжение, практически лишенное пульсации. В фильтрах недорогих аппаратов, потребляющих ток, вместо дросселей иногда применяют резисторы.

В рассмотренной нами схеме выпрямителя диод пропускал ток в течение одного полупериода. Второй полупериод не использовался. Такой выпрямитель обычно называется однофазным. Можно значительно улучшить выпрямитель, включив в схему не один диод, а два. Проследим, как будет проходить выпрямленный ток в такой схеме (рис. 5) (она называется *двухфазной*).

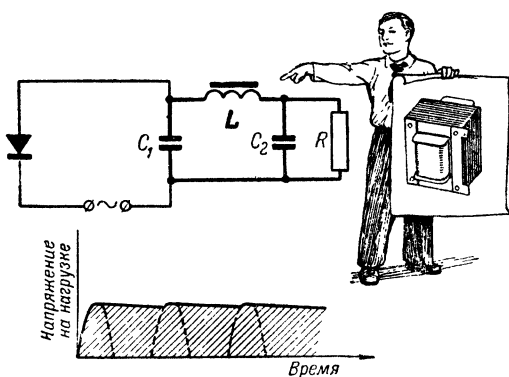


Рис. 4.

Переменное напряжение на аноды будем подавать через трансформатор, вторичная обмотка которого имеет от середины отвод, соединенный с катодами. Напряжение на концах этой обмотки будет периодически изменяться относительно ее средней точки: в течение одной половины периода оно будет положительным на одном конце и отрицательным на другом; во время второй половины периода полярность напряжения будет обратной.

Как же будут в таких условиях работать диоды?

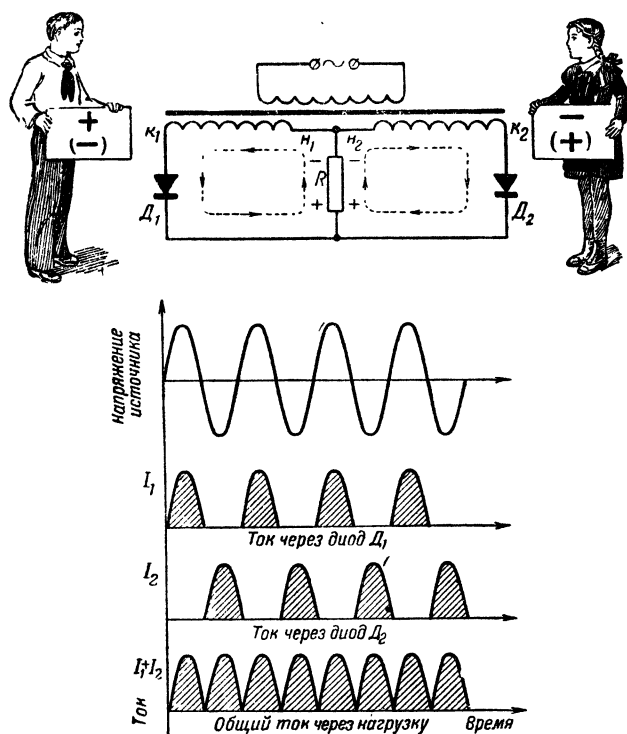


Рис. 5.

Пусть в некоторый начальный момент напряжение на конце обмотки  $K_1$ , относительно ее средней точки, а следовательно, и на аноде диода  $D_1$  положительно. Диод  $D_1$  будет пропускать ток, который пройдет по нагрузке  $R$  и создаст на ней падение напряжения, полярность которого показана на схеме. На аноде второго диода ( $D_2$ ), естественно, в этот же момент напряжение будет отрицательным относительно его катода, и ток через него не пойдет.

В следующий полупериод картина изменится. Положительное напряжение появится на аноде диода  $D_2$ . Ток через диод  $D_1$  прекратится; он потечет уже через  $D_2$ . Но направление тока в нагрузке от этого не изменится. Как в первой, так и во второй половине периода ток будет «выходить» из одного из концов обмотки, проходить через тот или иной диод и «возвращаться» через нагрузку в середину обмотки. Ток в нагрузке в течение обеих половин периода будет одного направления.

Такая схема выпрямления называется иначе *двухполупериодной* в отличие от первой, рассмотренной нами, которую называют *однополупериодной*.

Наиболее распространенной схемой выпрямления переменного тока является *двухфазная мостовая схема* (иначе ее называют схема Греча).

Как видно из рис. 6, к одной диагонали подведено переменное напряжение со вторичной обмотки трансформатора, а с другой диагонали снимается постоянное напряжение.

Схема работает так. Пусть в некоторый момент в точке  $a$  моста будет положительное напряжение относительно точки  $b$ . Тогда ток через диод  $D_1$  потечет к точке  $c$ , затем в нагрузку, далее через точку  $d$  и диод  $D_3$  пойдет к точке  $b$  и возвратится в обмотку. В течение другого полупериода ток потечет от точки  $b$  через диод  $D_2$  в нагрузку, а далее — через диод  $D_4$  вернется в обмотку.

Таким образом, через нагрузку ток протекает через оба полупериода в одну сторону; через вторичную же обмотку он протекает в разные стороны.

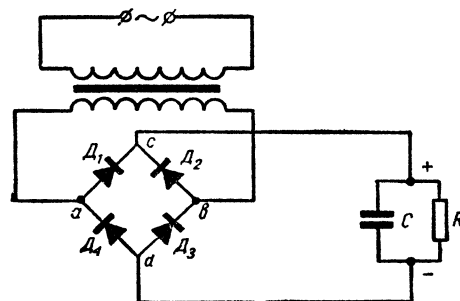


Рис. 6.



Мостовая схема имеет перед другими схемами выпрямления ряд преимуществ, главными из которых являются возможность применения трансформатора меньших размеров без вывода средней точки вторичной обмотки. К выпрями-

телю по схеме на рис. 5 или 6 при его практическом использовании для питания радиоаппаратуры подключают такой же сглаживающий фильтр, как и в схеме на рис. 4.

## СКОЛЬКО ВОЛЬТ В ЭЛЕКТРОСЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА <sup>1</sup>

Странный вопрос! — может сказать читатель. Всем известно, сколько: 127 или 220 в.

Так ли это?

Мы с вами собрали выпрямитель по самой простой схеме; она показана на рис. 1. В схеме нет трансформатора, нет никакого повышения напряжения. Поэтому, казалось бы, можно ожидать, что при включении выпрямителя в 127-вольтовую сеть напряжение на выходе выпрямителя, работающего без нагрузки, будет 127 в.

Берем высокоомный вольтметр постоянного тока и присоединяем его к конденсатору. Вольтметр показывает 179 в!

Откуда взялись эти 179 в? Может быть, в сети случайное перенапряжение? Ведь бывает иногда, что осветительные лампочки горят чрезмерно ярко, с явным перекалом. Попробуем для проверки осторожно включить в сеть 127-вольтовую электроплитку (рис. 2).

Спираль плитки светится нормально оранжево-красным накалом. Судя по этому, в сети нормальное напряжение. Откуда же взялось повышенное напряжение на выходе выпрямителя?

Соберем теперь схему мостика из четырех полупроводниковых диодов и присоединим к ней высокоомный вольтметр, как показано на рис. 3. Тщательно проверив схему, включаем ее в сеть. Получаем новую цифру 114 в!

Это становится заманчивым. Что ни замер, то новая величина. Испытаем еще одну схему. Мы только что производили измерение, поль-

зуясь двухполупериодной схемой (рис. 3); соберем теперь схему выпрямителя с одним полупроводниковым диодом, но без конденсатора (рис. 4).

Собрали, проверили, включили ... 57 в! Стрелка вольтметра не желает двигаться дальше, но наша плитка продолжает накаливаться нормально; включенная для проверки лампа тоже горит с обычной яркостью.

Что же нам делать?

Попробовать разве включить наш вольтметр прямо в сеть? Его шкала рассчитана на напряжение до 500 в, поэтому ему не страшны ни 127 в, ни даже те подозрительные 179 в, которые получились у нас при первом измерении.

Но вольтметр, включенный в сеть, ... ничего не показывает. Его стрелка стоит на нуле, вернее, «дрожит» около нуля (рис. 5).

Итак, мы получили пять разных результатов: 179 в, 127 в, 114 в, 57 в и ... нуль — дрожащий нуль. И мы с полным правом можем задать себе снова тот же вопрос, с которого мы начали, который казался таким простым и который так неожиданно и странно осложнился.

Сколько же в конце концов вольт в сети?!

**Переменный ток.** В электросети течет переменный ток. Что же представляет собой этот ток и почему он так называется?

В сети постоянного тока действует все время одно и то же постоянное напряжение. В сети переменного тока, как показывает само название, напряжение непостоянно. Оно непрерывно изменяется. В какие-то моменты времени в сети нет напряжения, оно равно нулю.

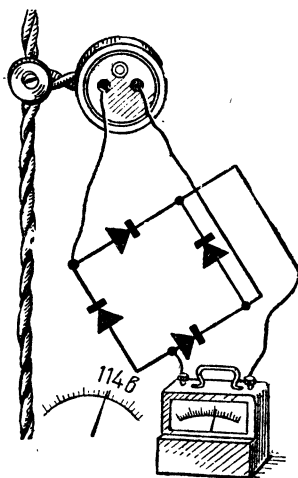


Рис. 3.

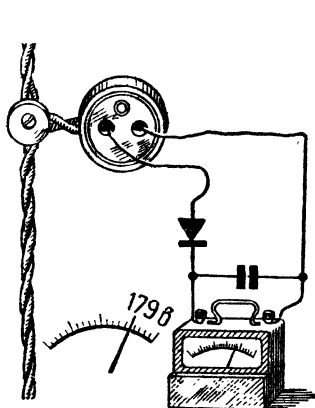


Рис. 1.

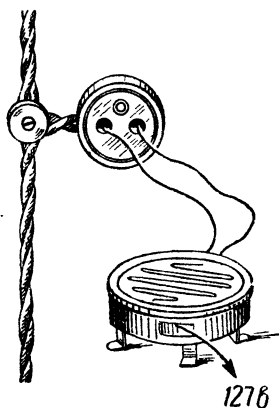


Рис. 2.

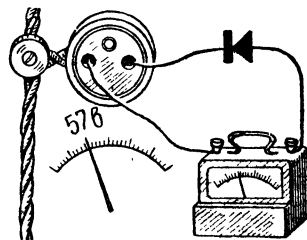


Рис. 4.

<sup>1</sup> Журнал «Радио», 1947, № 1.

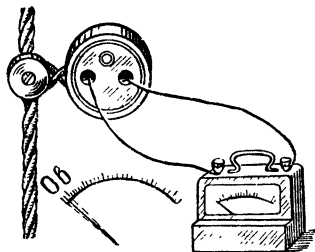


Рис. 5.

В следующий момент напряжение появляется, возрастает, достигает какой-то наибольшей величины, затем, уменьшаясь, падает до нуля, снова возникает, но уже с противоположным знаком, опять доходит до максимума и т. д.

В соответствии с этим изменяется и величина тока в сети. В отдельные моменты в сети нет тока, потом он возникает, достигает максимума, уменьшается, доходит до нуля. После этого снова появляется, но вследствие изменения полярности напряжения сети он течет уже в обратном направлении. Эти изменения величин напряжения и тока происходят по строго определенному закону. Характер изменений тока и напряжения можно изобразить графически кривой, называемой *синусоидой* (рис. 6). Такая именно кривая появляется на экране электроннолучевой трубки осциллографа при исследовании переменного тока.

Строится эта кривая так.

По вертикальной оси откладывается величина напряжения  $u$  или тока  $i$ , а по горизонтали — время  $t$  (рис. 6). Каждая точка кривой будет соответствовать определенному значению напряжений или тока в данный момент времени, например  $t_1$  или  $t_2$ . Эти отдельные значения переменного напряжения или тока называются *мгновенными* и обозначаются соответственно  $u_1$ ,  $u_2$  (или  $i_1$ ,  $i_2$ ). Наибольшие (максимальные) значения напряжения и тока, которых они достигают дважды в течение полного периода  $T$  своего изменения, называются *амплитудными* значениями. Они обозначаются  $U_m$  и  $I_m$ .

Мы видим, что напряжение и ток в сети все время меняются по величине. Почему же мы все-таки выражаем напряжение сети переменного тока определенной цифрой, говорим, что напряжение сети равно 127 или 220 в?

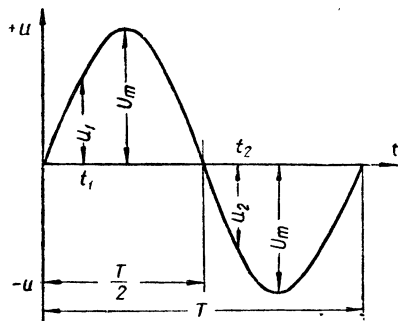


Рис. 6.

И постоянный и переменный токи производят работу, например могут накаливать нить осветительной лампы, спираль электроплитки и т. п. Легко определить работу, которую производит постоянный ток с напряжением, скажем, 127 в. Очевидно, удобно сравнивать работу переменного тока с работой постоянного тока. Значения постоянного напряжения и тока, которые производят такую же работу, действие, как и определенные переменные напряжения и токи, называются *действующими* значениями данного переменного тока.

Величина действующего значения напряжения  $U$  переменного тока, конечно, меньше амплитудного значения; она определяется следующим соотношением:

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0,71 U_m.$$

Соответственно с этим действующее значение переменного тока

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0,71 I_m.$$

Из этих соотношений мы можем узнать, чему равны амплитудные значения напряжения или тока, если нам известны их действующие значения. Например, амплитудное значение напряжения.

$$U_m = \sqrt{2} U = 1,41 U.$$

Если действующее значение напряжения переменного тока равно 127 в, его амплитудное значение будет равно:

$$U_m = 1,41 \cdot 127 = 179 \text{ в.}$$

Это та самая величина, которую мы получили, измеряя напряжение на выходе выпрямителя в первом случае. Теперь она нам понятна. В моменты амплитудного значения напряжения сети конденсатор, естественно, заряжается до этого напряжения, разрядиться же он не может, так как нагрузки и выпрямителя нет, а диод<sup>1</sup> обладает односторонней проводимостью. Именно это амплитудное значение показывает высокоомный вольтметр, который, потребляя крайне малый ток, не успевает разрядить конденсатор до наступления следующего максимума напряжения.

Обычно мы имеем представление только о действующем напряжении сети. И если бы мы параллельно плитке включили вольтметр переменного тока, то он показал бы именно это значение 127 в.

Но во многих случаях нельзя забывать и об амплитудном его значении. Например, конденсатор, включенный в сеть переменного тока, периодически заряжается до напряжения, рав-

<sup>1</sup> О полупроводниковых диодах см. стр. 115.

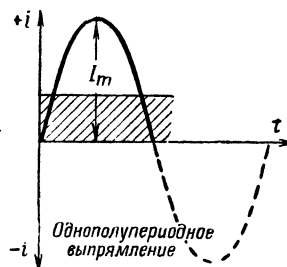


Рис. 7.

ного амплитудному значению. Поэтому нельзя включать в сеть с напряжением 127 в конденсатор, рассчитанный на напряжение 150 в. — Почему же вольтметр в схеме по рис. 3 показал не 179 и не 127, а только 114 в? Что это за третье значение напряжения?

Это значение напряжения переменного тока называется *средним*. Оно равноценно постоянному току не по производимой работе, а по количеству электричества, проходящего через поперечное сечение провода за такой же отрезок времени. Для нахождения среднего значения тока нужно построить прямоугольник, равновеликий площади, очерченной синусоидой. Основание его равно полупериоду, а высота представляет собой величину среднего значения тока. Это иллюстрирует рис. 7.

Среднее значение тока или напряжения можно вычислить, исходя из амплитудного или действующего значения.

Среднее значение напряжения (обозначим его  $U_{cp}$ ) для одного полупериода синусоидального переменного тока равно:

$$U_{cp} = 0,64 U_m \text{ или } U_{cp} = 0,9 U.$$

Отсюда следует, что

$$U_m = 1,57 U_{cp} \text{ и } U = 1,1 U_{cp}.$$

В показанной на рис. 3 схеме выпрямляются оба полупериода переменного тока. Отклонение стрелки магнитоэлектрического прибора пропорционально среднему значению тока или напряжения. По только что приведенным формулам нетрудно подсчитать, что среднее значение напряжения в 127-вольтовой сети и будет равно 114 в.

Можно спросить: почему же в нашем первом случае вольтметр показал большее напряжение — 179 в? Это объясняется только тем, что у выпрямителя, изображенного на рис. 1, на выходе имеется конденсатор, который заря-

жается до амплитудного значения, а в схеме на рис. 3 конденсатора нет.

Схема на рис. 4 отличается от схемы на рис. 3 тем, что в ней выпрямляется один полупериод (рис. 7), а не два. Поэтому через прибор проходит вдвое меньший ток, чем при двухполупериодном выпрямлении, (рис. 8) и показание прибора получается вдвое меньшим, равным 57 в.

Если, наконец, прибор постоянного тока включить в сеть переменного тока (рис. 5), то он ничего не покажет. В этом случае его стрелка должна бы в такт с изменениями направления переменного тока отклоняться то в одну, то в другую сторону, но она не успевает этого делать, так как изменения происходят 100 раз в секунду (50 гц), и фактически стрелка только дрожит, колеблясь около нуля.

Как же нужно ответить на тот вопрос, который стоит в заголовке статьи: сколько вольт в сети?

Напряжение в сети переменного тока все время изменяется. В отдельные моменты в этой сети вообще нет никакого напряжения. Паяльник будет нагреваться так же, как он нагревается при включении в сеть постоянного тока с напряжением 127 в (действующее значение) и т. д. Поэтому нельзя оценить напряжение только одной цифрой без определения.

Мы должны сказать: действующее напряжение сети 127 в. Можем сказать иначе: амплитудное значение ее напряжения 179 в. Это будет одно и то же. Но так как работа тока определяется его действующим значением, то приборы надо рассчитывать на 127 в и трансформатор приемника, питающегося от этой сети, тоже должен быть включен на 127 в.

Все указанные соотношения различных значений напряжения будут действительны и для сети переменного тока с любым другим напряжением. Например, амплитудное значение напряжения в 220-вольтовой сети равно 310 в.

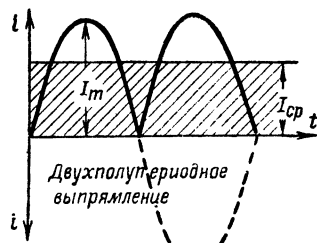


Рис. 8.

## ЛИТЕРАТУРА

Глиberman А. Я. и Зайцева А. К., Кремниевые солнечные батареи, Госэнергоиздат, 1961 (Массовая радиобиблиотека).

В брошюре изложены физические принципы работы кремниевых фотопреобразователей солнечной энергии в электрическую, описан ряд конструкций батарей и приведены примеры их применения в различных областях науки и техники.

Книга сельского радиолюбителя

ля, Под общей редакцией В. А. Бурлянда, изд-во ДОСААФ, 1961.

В гл. 15 «Источники питания сельских радиостановок» даны следующие материалы: принципы работы гальванических элементов, типы элементов, соединение элементов в батареи, продление срока службы сухих элементов и батарей, самодельные элементы и батарей, кислотные аккумуляторы, щелочные аккумуляторы, ветроэлектрические и гидроэлектростанции, питание

батарейных приемников от сети переменного тока, термо-электрический генератор, преобразователь напряжений.

Рогинский В. Ю., Выпрямители, Госэнергоиздат, 1961 (Массовая радиобиблиотека).

Описание маломощных выпрямителей с электронными и полупроводниковыми вентилями, а также сглаживающих фильтров. Кратко излагаются основы физических процессов в вентилях и отдельных элементах схем выпрямителя, даны методы и примеры расчетов выпрямителей и сглаживающих фильтров различного назначения, приведены необходимые справочные материалы.

Блинов Б. С., Гирляндная ГЭС, Госэнергоиздат, 1963 (Массовая радиобиблиотека).

В гирляндных ГЭС используются очень простые турбинки малого диаметра, которые легко сделать самому. Их закрепляют по несколько десятков штук на одном тросе, который одновременно служит валом этих турбин. Трос с закрепленными на нем турбинами назван «гирляндой» — отсюда и название «гирляндные ГЭС». Эти станции могут быть установлены на небольших реках глубиной до 0,5 м со скоростью течения более 1 м/сек.

Гирляндные ГЭС не требуют плотины и легко переносятся с одного места на другое.

В брошюре главное внимание уделено устройству простейших одногирляндных ГЭС (мощностью 0,5—5 квт).

Брошюра предназначена для широкого круга читателей, заинтересованных в использовании энергии малых рек и в первую очередь для руководителей школьных и колхозных радиокружков.

Геллер И. Х., Селеновые выпрямители, изд-во «Энергия», 1963 (Массовая радиобиблиотека).

В брошюре содержатся сведения об устройстве и принципах действия селеновых выпрямителей, их электрических параметрах и свойствах, а также приведены данные о конструкции селеновых выпрямительных элементов и столбов. Рассмотрены наиболее употребительные схемы выпрямления. Приведены справочные

материалы о выпрямителях, выпускаемых промышленностью.

Малинин Р. М., Полупроводниковые выпрямители, Госэнергоиздат, 1963 (Массовая радиобиблиотека, справочная серия).

Рассмотрены наиболее распространенные в радиолобительской практике схемы выпрямителей на полупроводниковых диодах, даны рекомендации по выбору элементов таких выпрямителей, приведены примеры расчета.

Малинин Р. М., Трансформаторы и автотрансформаторы питания, Госэнергоиздат, 1963 (Массовая радиобиблиотека, справочная серия).

Брошюра содержит справочные сведения по конструированию трансформаторов и автотрансформаторов питания.

Дается методика упрощенного расчета трансформаторов и автотрансформаторов и таблицы с данными трансформаторов и автотрансформаторов питания, применяемых в заводских радиовещательных приемниках.

Жебцов И. П., Радиотехника, изд. 5-е, переработанное и дополненное, Изд-во «Связь», 1964.

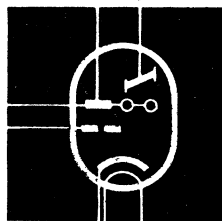
Глава 7 книги «Выпрямители» содержит материал об основных схемах выпрямителей, сглаживающих фильтров, деталей выпрямителей, расчете трансформаторов питания, вибропреобразователях, преобразователях напряжения на транзисторах, стабилизаторах напряжения и тока.

Журавлев А. А. и Мазель К. Б., Преобразователи постоянного напряжения на транзисторах, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

Рассматриваются наиболее употребительные схемы преобразователей постоянного напряжения на транзисторах и приводятся примеры их расчета. Описываются некоторые специальные схемы преобразователей, в том числе стабилизированные.

Книга рассчитана на радиолюбителей, знакомых с полупроводниковыми приборами, и содержит материал, который доступен читателям, имеющим среднее образование.





# РАДИОПРИЕМНИКИ

## СЕМЬ КАЧЕСТВ ПРИЕМНИКА <sup>1</sup>

Вы включили радиоприемник. Прошло несколько секунд, и из громкоговорителя раздался голос диктора, полились звуки знакомых мелодий.

Давайте поговорим о том, чем определяется качество приема радиопередач.

**Естественность.** Когда мы слушаем звуки, воспроизводимые радиоприемником, граммофонным проигрывателем или магнитофоном, мы прежде всего обращаем внимание на естественность звучания музыки и речи. Для того чтобы можно было сравнивать различные приемники с точки зрения качества воспроизведения звука, необходимо ясно представить себе, что такое звук.

Все звуки — человеческого голоса, музыкальных инструментов и т. п. — представляют собой колебания воздуха. Каждая нота, каждый музыкальный тон создаются колебаниями определенных частот. Однако одна и та же нота у различных исполнителей звучит по-разному. Именно поэтому мы узнаем голоса знакомых певцов, отличаем звуки флейты от звуков скрипки. Это объясняется тем, что звуковые колебания, создаваемые голосом или инструментом, состоят не только из основного тона, но и дополнительных, более высоких по частоте колебаний, характерных только для данного голоса или инструмента.

Без этих дополнительных колебаний, или, как их называют, *обертонов* или *гармоник*, голоса певцов или звуки инструментов лишились бы своей индивидуальной окраски (тембра): скрипку нельзя было бы отличить от флейты, голос одного певца — от голоса другого.

Поэтому приемник должен воспроизводить не только колебания основных частот, но по возможности и все обертоны, излучаемые источниками звука, причем нужно сохранить правильное соотношение между громкостью звучания колебаний всех частот, не выделяя одних тонов и не приглушая других. Иначе говоря, приемник не должен вносить частотных искажений.

Человеческое ухо слышит звуковые колебания, частота которых лежит приблизительно в пределах от 16 до 16 000 *гц*. Однако воспроизводить в радиопередаче всю эту полосу частот по ряду причин трудно. Опытным путем определены те нормы частотных искажений, которых ухо почти не замечает и которые можно поэтому считать вполне допустимыми.

К сожалению, громкоговорители не удается изготавливать так, чтобы они одинаково хорошо воспроизводили всю полосу частот, требующуюся для естественного звучания. Поэтому в лучших радиоприемниках теперь применяют по несколько громкоговорителей, чаще всего по 3—4 громко-

<sup>1</sup> Написано Л. В. Кубаркиным и Е. А. Левитиным.

говорителя: одни из них предназначены для воспроизведения более высоких звуковых частот, другие — более низких.

Применение в одном радиоприемнике нескольких громкоговорителей дало возможность устранить еще один недостаток радиоприемников, известный под названием «звучащей точки». Натуральные источники звука обычно имеют какую-то протяженность. Оркестр, хор, актеры на сцене и т. п. занимают некоторую площадь, и производимые ими звуки, если мы слушаем их непосредственно в месте исполнения, доносятся к нам с разных направлений. Мы различаем эти направления благодаря наличию двух ушей<sup>1</sup>. Однако при радиоприемнике с одним громкоговорителем все звуки исходят из него, как бы из одной точки, и мы чувствуем известную неестественность звучания радиопередачи.

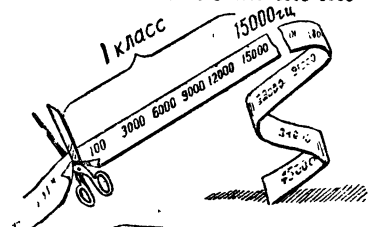
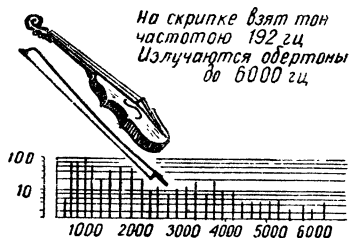
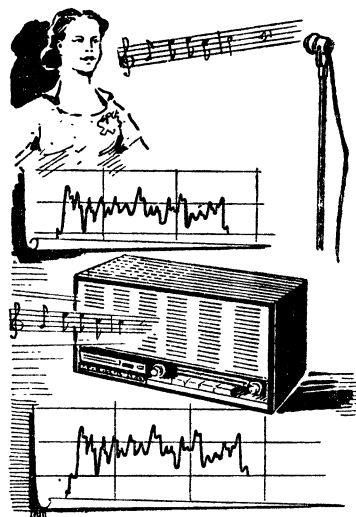
Если применить в радиоприемнике несколько громкоговорителей, поместив один из них или два на передней панели, а два — на боковых стенках, то звуки от последних будут направляться к стенам помещения, отражаться от них и оттуда доходить до слушателей. Такая система получила название *системы объемного звучания*, поскольку звуки приходят из разных мест объема помещения.

Подобная система устраняет впечатление «звучащей точки», но не дает слушателям возможности определить расположение источников звука. А мы могли бы это осуществлять, так как улавливаем звуки двумя ушами. Это явление называется *стереофоническим эффектом*. В настоящее время осуществлено и стереофоническое звукопроизведение<sup>1</sup>.

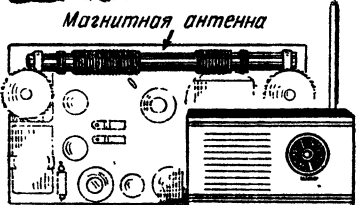
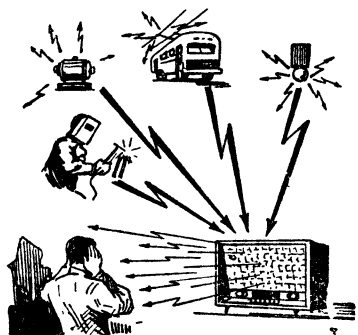
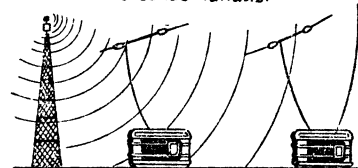
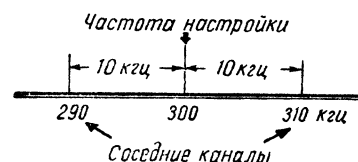
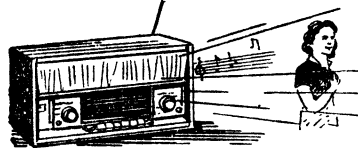
Само собой разумеется, что применение нескольких громкоговорителей и других устройств, нужных для воспроизведения очень широкой полосы частот и реализации других высоких показателей, о которых речь будет дальше, удорожает радиоприемники. Все это может быть полностью осуществлено лишь в приемниках высшего класса и лишь в какой-то степени в приемниках более дешевых.

У нас принято деление радиоприемников в качественном отношении на пять классов: высший, первый (I), второй (II), третий (III) и четвертый (IV). О разнице между ними, хотя бы в отношении полосы воспроизводимых частот, можно судить по таким цифрам.

Настольные приемники высшего класса конструируют так, что во время приема радиовещательных станций, работающих на длинных, средних и коротких волнах, они могут воспроизводить полосу звуковых частот от 60 до 6 000 гц, первого класса — от 80 до 4 000 гц,



<sup>1</sup> См. статью «Стереозвук» на стр. 60.



второго класса — от 100 до 4 000 гц, третьего класса — от 150 до 3 500 гц и четвертого класса — только от 200 до 3 000 гц. Как видно, качество приема таких станций на приемники последних классов весьма далеко от идеального.

Вместе с тем при приеме ультракоротковолновых радиовещательных станций, которые работают с частотной модуляцией, воспроизводимая полоса звуковых частот расширяется в 2—3 раза. В этом случае настольные приемники высшего класса имеют полосу воспроизводимых звуковых частот от 60 до 15 000 гц, а приемники того же класса, но в мебельном оформлении (здесь можно увеличить число громкоговорителей и их размеры) — даже от 40 до 15 000 гц, т. е. в воспроизводимую ими полосу входят почти все частоты, которые способно воспринимать человеческое ухо. Соответственно верхняя граница полосы звуковых частот у приемников первого класса расширяется примерно до 12 000 гц, у приемников второго класса до 10 000 гц, а у приемников третьего и четвертого классов до 7 000 и 6 000 гц соответственно. Вот какие качественные преимущества можно получить на УКВ с частотной модуляцией.

Заметим, что у переносных радиовещательных приемников, где вследствие ограниченного объема конструкции не только нет никакой возможности разместить несколько громкоговорителей, но и единственный громкоговоритель приходится делать небольшого размера, воспроизводимая полоса значительно сокращается со стороны нижних звуковых частот. Поэтому переносные приемники, которые можно было бы отнести к высшему классу, в настоящее время изготавливать невозможно, а переносные приемники даже первого класса практически не воспроизводят частот ниже 150 гц, второго класса — ниже 200 гц, а третьего и четвертого классов — ниже 300 и 450 гц соответственно. Как видно, от простых переносных приемников нельзя ожидать такого же качества воспроизведения передач, как от приемников стационарных.

Но можно ли считать, что отсутствие частотных искажений является достаточной гарантией естественного звучания передачи?

Исследования показали, что этого считать нельзя. Наряду с частотными искажениями наблюдаются *нелинейные искажения*.

Так называют искажения, проявляющиеся в том, что в воспроизводимом звуке изменяется интенсивность звучания обертонов (гармоник) или появляются дополнительные частоты.

Нелинейные искажения проявляются обычно в виде хрипов и дребезжаний, сопровождающих воспроизводимую передачу.

Установлено, что ухо почти не замечает нелинейных искажений, если энергия возникших



колебаний не превышает 3—5% по отношению к энергии колебаний тех частот, которые необходимо передать без искажений. Такому условию удовлетворяют приемники высшего класса. У приемников других классов допускаются большие нелинейные искажения; они и доходят до 10 и даже 12% у приемников IV класса.

**Громкость.** Качество звучания приемника определяется не только естественностью воспроизведения, но и громкостью.

Что такое громкость? Громче мы слышим те звуки, которые своими колебаниями оказывают большее давление на барабанную перепонку нашего уха, заставляя ее сильнее прогибаться. Амплитуда звуковых колебаний больше при большей громкости звука.

Источником звука являются колеблющиеся струны и деки в струнных или столб воздуха в духовых музыкальных инструментах, а в радиоприемнике — громкоговоритель, точнее — его диффузор. Чем больше размах колебаний диффузора, т. е. чем больше амплитуда колебаний воздуха, тем больше громкость.

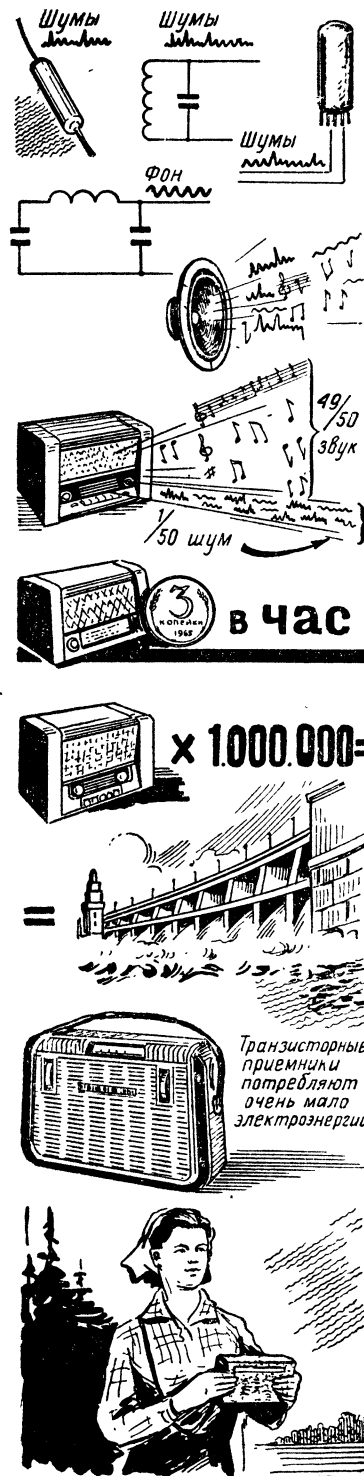
Колебания диффузора происходят за счет электрической энергии, подводимой к громкоговорителю. Поэтому для получения достаточно громкого звука надо подвести к громкоговорителю достаточно большую электрическую мощность. О громкости звучания можно судить по величине мощности, создаваемой выходным каскадом приемника, или, как принято говорить, по *выходной мощности приемника*.

Приемники различных типов имеют неодинаковую выходную мощность. Величина этой мощности определяется выбранной схемой приемника, типом выходных ламп и режимом их работы. Выходная мощность батарейных приемников составляет обычно 0,1—0,2 *вт*, небольших сетевых приемников — 0,5 *вт*, приемников среднего качества — до 2 *вт*, а высококачественных приемников — 4—5 *вт* и больше.

Получение большой громкости от одного громкоговорителя затруднительно. Применение нескольких громкоговорителей, давая возможность воспроизведения широкой полосы частот, одновременно позволяет добиться большой громкости звучания без искажений.

**Избирательность.** Способность приемника выделять только сигналы выбранной станции и ослаблять сигналы мешающих станций называется *избирательностью*.

Сигналы разных радиостанций различаются частотой колебаний (длиной волны); следовательно, приемник должен обладать способностью отфильтровывать колебания всех частот выше и ниже необходимой. Эта сложная задача выполняется с помощью колебательных контуров. От количеств и качества их, а также от схемы при-



емника зависит способность приемника отсеивать сигналы «ненужных» радиостанций.

Об избирательности в первую очередь судят по тому, насколько хорошо ослабляет приемник сигналы так называемой «соседней» станции или, как говорят, «соседнего» канала.

Сигнал «соседней» радиовещательной станции, работающей на длинных, средних и коротких волнах, по международным соглашениям отличается от частоты принимаемой станции на величину 10 *кГц* (в сторону большей или меньшей частоты). Приемник среднего качества должен ослаблять сигналы станции, работающей на соседнем канале, по крайней мере в 50—80 раз, а высшего класса — в 1 000 раз по сравнению с сигналами принимаемой станции. В радиовещательном ультракоротковолновом диапазоне (работа с частотной модуляцией) соседним каналом считают частоту, отстоящую от частоты принимаемой станции на 250 *кГц*.

**Чувствительность** характеризует способность приемника принимать слабые сигналы. Практически на вход приемника поступает сигнал, напряжение которого измеряется иногда тысячами, а чаще миллионными долями вольта (микровольтами—*мкВ*), см. стр. 153 («напряженность поля»). Такие слабые сигналы приходится усиливать в приемнике в сотни тысяч и даже миллионы раз. Чем больше усиление приемника, тем выше его чувствительность к слабым сигналам. Усиление зависит от качества (добротности) контуров, от параметров и числа примененных ламп.

Однако высокую чувствительность современного приемника не всегда удается использовать, в особенности в городах, где много источников помех (электродвигатели, трамваи, троллейбусы, медицинские приборы, электрические звонки и т. п.). Слабые сигналы далеко расположенных станций часто заглушаются этими помехами, сигналы «тонут» в море помех. Поэтому принимать можно передачи только таких станций, сигналы которых в достаточной степени превышают уровень помех.

Этим и объясняется то, что даже у радиоприемников высшего класса не стремятся добиться чувствительности, превышающей несколько десятков микровольт (примерно 50 *мкВ*), а приемники всех других классов имеют обычно чувствительность порядка 100—300 *мкВ*. Лишь на ультракоротковолновом (УКВ) диапазоне, где помех почти нет, чувствительность приемников высшего класса достигает 5 *мкВ*, а приемников других классов составляет 10—30 *мкВ*.

Надо отметить, что чувствительность не только определяет способность приемника принимать сигналы удаленных станций, но и показывает возможность приема станций на небольшие антенны. Приемник, обладающий высокой чув-

ствительностью, позволяет принимать передачи на комнатную или магнитную антенну.

**Отсутствие шумов.** Чувствительность и избирательность не обеспечат хорошего качества приема, если он будет сопровождаться атмосферными разрядами и помехами от различных электроустановок, проникающими в приемник извне. Очень эффективным средством борьбы с помехами электроустановок, а также и других радиостанций является применение магнитной антенны, помещающейся внутри корпуса приемника. Но мешающие приему шумы могут возникать и в самом приемнике. Эти шумы можно разбить на две основные категории: на шумы, порождаемые лампами и некоторыми деталями, и на фон переменного тока в приемниках с питанием от сети, возникающей из-за плохого сглаживания выпрямленного тока.

Собственные шумы приемника особенно ощущаются при негромкой передаче или в паузах. Такие шумы не позволяют воспроизводить очень слабые звуки, они заглушают их.

Поэтому для фона переменного тока и для прочих собственных шумов приемника установлены жесткие нормы: напряжение собственных шумов на выходе приемника не должно превышать некоторого предельного напряжения, развивающегося при нормальной громкости. Считается удовлетворительным, если напряжение фона в 30—50 раз меньше напряжения сигнала; в лучших приемниках напряжение фона должно быть в несколько сотен раз и даже в 1 000 раз меньше выходного напряжения.

**Экономичность.** Мы рассматривали до сих пор приемник только с точки зрения качества приема. Но приемнику следует дать оценку также и с экономической стороны.

Об экономичности радиоприемника судят по количеству электроэнергии, потребляемой им во время работы.

Казалось бы, что для приемников с питанием от электросети экономичность не так уж существенна — ведь электроэнергия дешева и стоимость работы приемника исчисляется десятками долями копейки в час.

Но это не совсем так. Хотя средний ламповый радиоприемник и потребляет от сети всего примерно 30—60 *Вт*, что по стоимости составляет 0,1—0,3 коп. в час, но при современных масштабах радиофикации лишняя затрата энергии на питание приемников составляет большую дополнительную нагрузку для электростанций.

Теперь все более широкое распространение получают транзисторные приемники (с полупроводниковыми приборами вместо ламп). Они потребляют очень мало электроэнергии — например, от двух батареек для карманного фо-

наря такой приемник может работать несколько месяцев.

**Удобство обращения.** Среди прочих качеств, которыми должен обладать приемник, важное место отводится удобству обращения. Размеры и форма приемника, число ручек управления и их расположение, вид шкалы — все это определяет удобство пользования им.

Удобство обращения, конечно, не входит в число электрических показателей радиоприемников, но при общей оценке приемника с ним нельзя не считаться.

\* \* \*

Мы очень кратко познакомились с самыми основными качествами радиоприемника. Чтобы обеспечить их, конструкторы непрестанно совершенствуют схемы, создают новые детали,

улучшают конструкции приемника. Радиолюбитель, собирающийся заняться конструированием приемников, должен отчетливо представлять себе, что именно в схеме, деталях или конструкции приемника определяется то или иное его качество.

Конструирование приемников усложняется тем, что многие их важные качественные показатели находятся в противоречии друг другу. Например, для повышения избирательности приходится увеличивать число колебательных контуров, а это часто приводит к сужению полосы воспроизводимых частот. Повысить чувствительность можно, применив для усиления большее число ламп или транзисторов, а это приводит к увеличению собственных шумов. Поэтому все элементы, из которых строится приемник, надо выбирать очень умело и тщательно, чтобы удовлетворять предъявленным к приемнику требованиям.

## НАПРЯЖЕННОСТЬ ПОЛЯ

Величины напряжений высокой частоты в приемных антеннах зависят от напряженности поля станций в месте приема. *Напряженность поля* численно равна напряжению, которое получается в приемной антенне с действующей высотой 1 м.

Напряженность поля местных радиостанций измеряется обычно десятками тысяч микровольт на метр (*мкв/м*).

Хорошо слышимые на современном приемнике дальние станции создают напряженность поля от нескольких

сотен примерно до 1 000 *мкв/м*. Станции средней слышимости развивают напряженность поля порядка 100 *мкв/м*. Станции, слышимые слабо, создают поле напряженностью менее 50 *мкв/м*. Прием таких станций не вполне регулярен, а в районе действия электрических помех часто бывает совсем невозможен. При отсутствии атмосферных, промышленных и всякого рода иных помех хороший современный приемник может давать не особенно громкий прием сигналов при напряженности поля 5—15 *мкв/м*.

## ПРИЕМНИК ПРЯМОГО УСИЛЕНИЯ <sup>1</sup>

Приемник с электронными лампами или транзисторами дает возможность принимать сигналы отдаленных радиостанций и получать громкоговорящий прием. Принципиальная особенность этих приемников состоит в том, что они требуют для своей работы источники энергии в виде батарей или электросетей, причем энергия принятых волн лишь управляет энергией источника. С помощью электронных ламп или транзисторов производится усиление колебаний в сотни тысяч и даже в миллионы раз.

Блок-схема приемника прямого усиления показана на рис. 1. Колебания из антенны попадают во входную часть приемника, представляющую собой резонансный контур, связанный с антенной. На рис. 1 показана часто применяемая индуктивная связь антенны с входным контуром. Входной контур, настраиваемый на частоту принимаемых сигналов, осуществляет предварительную избирательность. От входного контура колебания подводятся к усилителю высокой частоты (УВЧ), имеющему обычно не более двух каскадов. Усилитель высокой частоты при помощи электронных ламп или транзисторов и настроенных в резонанс контуров дает значительное усиление и повышает избирательности. После усиления колебания высокой частоты поступают на детектор, который часто также и усиливает колебания. Полученные после детектора колебания низкой (звуковой) частоты усиливаются каскадами усиления низкой частоты (УНЧ). От последнего каскада колебания низкой частоты поступают на громкоговоритель или телефон.

Без детекторного каскада приемник работать не

может. Усилители высокой частоты и низкой частоты вообще не обязательны. Но каскады усиления высокой частоты улучшают чувствительность и избирательность приемника, а усиление низкой частоты необходимо для увеличения громкости приема.

Для краткой характеристики приемников прямого усиления иногда применяют следующие условные обозначения. Буквой *V* обозначают детектор. Число каскадов УВЧ и УНЧ указывают соответственно цифрой до и после буквы *V*. Например: 1-V-1 — приемник, имеющий один каскад УВЧ, детектор и один каскад УНЧ; 0-V-2 — приемник без УВЧ, но с двумя каскадами УНЧ.

**Диодный детектор.** Вакуумный и полупроводниковый диод работают в детекторе примерно одинаково. Достоинством диодного детектора являются малые искажения, а недостатком — отсутствие усиления.

На рис. 2, а графически показан процесс детектирования диодом амплитудно модулированных высокочастотных колебаний. Вдоль нижней вертикальной оси изобра-

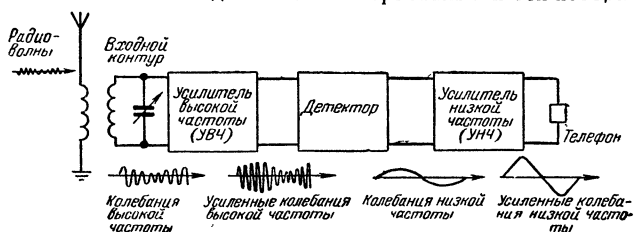


Рис. 1. Блок-схема приемника прямого усиления.

<sup>1</sup> По разным источникам.

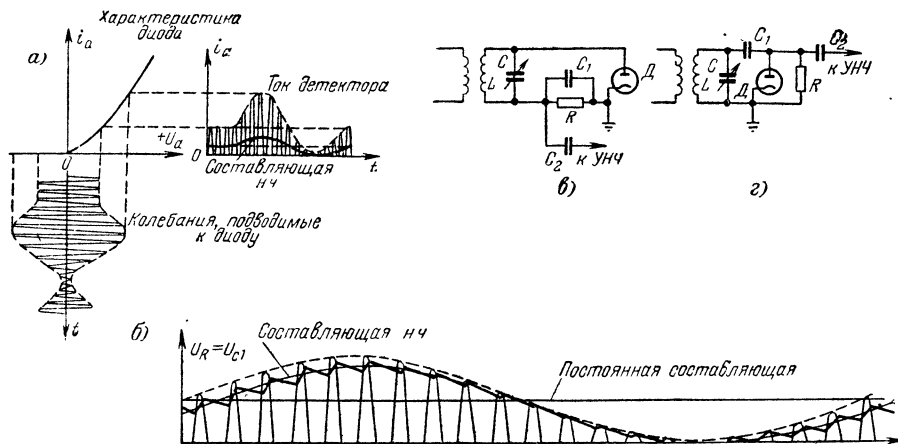


Рис. 2. Графическое изображение процесса детектирования с помощью диода (а и б) и схемы диодных детекторов: последовательная (в) и параллельная (г).

жена кривая модулированного напряжения, подаваемого на диод, а вдоль правой горизонтальной оси построен с помощью характеристики диода график пульсирующего в нем тока. Этот ток содержит, кроме составляющей высокой частоты, еще постоянную составляющую и составляющую низкой частоты. Для упрощения графики на рис. 2, а приведены для случая, когда последовательно с диодом не включено никакого сопротивления.

В последовательной схеме диодного детектора (рис. 2, в) резистор  $R$  с сопротивлением порядка 0,1—0,5 Мом включен последовательно с диодом. Переменное модулированное напряжение с контура  $LC$  подается на диод. Чтобы на резисторе  $R$  не терялась значительная часть переменного напряжения высокой частоты, его шунтируют конденсатором  $C_1$  емкостью 100—200 пф, сопротивление которого для токов высокой частоты невелико.

Составляющая высокой частоты пульсирующего тока диода проходит через конденсатор  $C_1$  и контур  $LC$ . Постоянная составляющая и составляющая низкой частоты проходят через катушку контура  $L$  и резистор  $R$ , создавая на нем напряжение, пульсирующее с низкой частотой. Резистор  $R$  включен для того, чтобы в результате работы детектора получилось переменное напряжение низкой частоты. Это напряжение обычно поступает на усилитель низкой частоты через раздельный конденсатор  $C_2$ , который служит для того, чтобы на УНЧ не подавалось постоянное напряжение, также получающееся на резисторе  $R$ . Емкость конденсатора  $C_2$  должна быть не менее нескольких тысяч пикофард, чтобы он хорошо пропускал колебания низкой частоты.

Конденсатор  $C_1$ , шунтирующий резистор  $R$ , служит для подачи через него переменного напряжения от контура на диод и сглаживает высокочастотные пульсации напряжения на резисторе  $R$  (действует аналогично входному конденсатору сглаживающего фильтра выпрямителя). При наличии конденсатора  $C_1$  постоянное напряжение и напряжение низкой частоты на резисторе  $R$  увеличиваются.

На рис. 2, б показан график напряжения на резисторе  $R$  при детектировании модулированных колебаний. Каждый импульс тока через диод подзаряжает конденсатор  $C_1$ , который разряжается на резистор  $R$ .

В схеме детектора по рис. 2, г, называемой параллельной, применено параллельное соединение диода и нагрузочного резистора  $R$ . Переменное напряжение от контура  $LC$  подается на диод через конденсатор  $C_1$  емкостью 100—200 пф. Высокочастотная составляющая

тока диода проходит через  $C_1$  и контур, а постоянная и низкочастотная составляющие — через резистор  $R$ , так как конденсатор  $C_1$  не пропускает постоянный ток и представляет очень большое сопротивление для тока низкой частоты. На резисторе  $R$  получается постоянное напряжение и напряжение низкой частоты. Последнее через конденсатор  $C_2$  подается на УНЧ.

#### Детекторный приемник.

Наиболее простыми приемниками являются приемники с полупроводниковыми детекторами, не имеющие усилителей высокой и низкой частоты и называемые детекторными приемниками. На рис. 3, а приведена схема простейшего детекторного приемника. Его колебательный контур состоит из антенны, катушки  $L$  и конденсатора  $C$ , при помощи которого производится настройка на частоту принимаемой радиостанции. Модулированное напряжение высокой частоты, получающееся на катушке  $L$ , действует на детекторную цепь, состоящую из детектора (полупроводникового диода)  $D$  и телефона. Детектор осуществляет выпрямление тока, и слагающая тока звуковой частоты приводит в колебание мембрану телефона.

Сама антенна обладает собственной длиной волны, зависящей от длины ее провода. Катушка  $L$ , включенная в антенну, удлиняет ее волну. Конденсатор  $C$ , включенный последовательно, укорачивает волну вследствие того, что общая емкость при последовательном соединении уменьшается. Наоборот, включение конденсатора  $C$  параллельно емкости самой антенны дает увеличение общей емкости, а значит, и удлинение волны. Для перекрытия широкого диапазона в детекторных приемниках иногда применяют переключение конденсатора последовательно и параллельно катушке или применяют катушки с отводами и переключателем (рис. 3, б). Вместо конденсатора можно включить для настройки вариометр — катушку с плавно изменяющейся индуктивностью (рис. 3, в).

Детекторная цепь имеет сравнительно небольшое сопротивление и сильно шунтирует контур, ухудшая его добротность. В некоторых случаях можно увеличить громкость и улучшить избирательность, если уменьшить

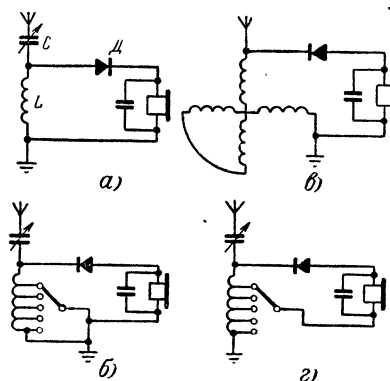


Рис. 3. Схемы простейших детекторных приемников.

связь контура с детекторной цепью, присоединив ее только к части катушки контура. Поэтому иногда делают переменную детекторную связь (рис. 3, з).

Детекторный приемник имеет низкие чувствительность и избирательность. Главным недостатком его является малая громкость приема, так как она работает исключительно за счет энергии принятых колебаний. Даже при близко расположенной радиовещательной станции с детекторным приемником можно получить прием только на телефон. Мощные радиовещательные станции уверенно принимаются детекторным приемником на расстояниях примерно до 500 км, иногда больше. Для улучшения работы приемника надо увеличить высоту и длину антенны и свести к минимуму потери энергии в антенном устройстве и в контуре приемника. Сопротивления антенны, заземление и катушки контура должны быть минимальными.

Электромагнитный телефон должен быть высокоомным. Параллельно ему присоединяется блокировочный конденсатор емкостью до 1 000—2 000 пф. Через него переменное напряжение высокой частоты от контура подается на детектор. При отсутствии конденсатора значительная часть этого напряжения была бы потеряна на сопротивлении телефона. Кроме того, конденсатор, заряжаясь от импульсов тока, проходящих через детектор, разряжается на телефон, т. е. действует подобно первому конденсатору сглаживающего фильтра выпрямителя. В результате напряжение звуковой частоты на телефоне повышается и громкость приема увеличивается. Однако применение блокировочного конденсатора не обязательно, так как его роль в известной степени выполняет емкость шнура телефона.

**Регенеративный радиоприем.** До изобретения экранированной лампы, которая дает возможность получить достаточное усиление по высокой частоте, применяли различные искусственные приемы повышения чувствительности приемника.

Одним из таких приемов было применение регулируемой обратной связи. Каскад с регулируемой обратной связью между анодной и сеточной цепями называется *регенеративным*, а процесс обратного действия анодной цепи на цепь сетки — *регенерацией*.

Упрощенная схема регенеративного каскада изображена на рис. 4. По существу это схема лампового генератора с индуктивной обратной связью. Резонансный контур включен в цепь сетки, а катушка обратной связи  $L_a$  в цепь анода. Регенеративный каскад отличается от генератора режимом работы. Обратная связь в регенеративном каскаде берется такой, чтобы не вызвать самовозбуждения колебаний в контуре. Она нужна только для увеличения тока высокой частоты в контуре, который создается принимаемыми колебаниями. Этот источник переменной э. д. с. изображен на рис. 4 условно в виде кружка с буквой  $E$ .

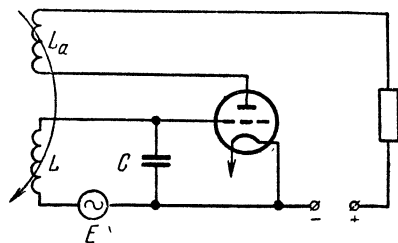


Рис. 4. Упрощенная схема регенеративного каскада.

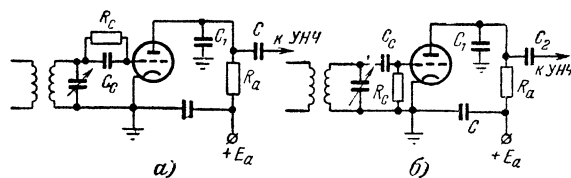


Рис. 5. Схема сеточного детектирования.

Стоит только степень обратной связи довести до самовозбуждения, как регенеративный каскад становится генератором.

Рассмотрим работу схемы. Допустим, что принимаемый сигнал высокой частоты индуцирует в настроенном колебательном контуре  $LC$  электродвижущую силу  $E$ . Возникший в контуре ток создает на конденсаторе  $C$  переменное напряжение, которое поступает в цепь сетки лампы и вызывает колебания тока в анодной цепи. В анодную цепь лампы включена катушка обратной связи  $L_a$ , индуктивно связанная с катушкой колебательного контура  $L$ . Таким образом, в катушке контура индуктируется э. д. с. той же частоты, что и принимаемый сигнал.

Если эта э. д. с. противоположна по фазе э. д. с. сигнала  $E$ , то общая электродвижущая сила в колебательном контуре уменьшается. Такая обратная связь называется *отрицательной*. Она приводит к уменьшению принимаемого сигнала.

Катушку обратной связи  $L_a$  включают так, чтобы индуктируемая анодным током э. д. с. складывалась с э. д. с. сигнала. Такая обратная связь называется *положительной*. В этом случае происходит увеличение принимаемого сигнала. Колебательный контур получает из анодной цепи некоторое количество энергии, которое компенсирует часть потерь в контуре.

Применение положительной обратной связи дает возможность значительно увеличить напряжение принимаемого сигнала в контуре.

Регулировка обратной связи производится перемещением катушки  $L_a$  относительно катушки  $L$ .

**Сеточный детектор.** В ламповых приемниках прямого усиления часто применяют сеточный детектор с триодом или пентодом. В нем детектирование амплитудно-модулированных колебаний происходит в цепи управляющей сетки. При этом роль диода выполняет промежуток сетка — катод, где сетка является анодом (рис. 5). Как и в схеме диодного детектора, в цепь управляющей сетки включен резистор  $R_c$  с большим сопротивлением и конденсатор  $C_c$ . В схеме на рис. 5, а резистор включен последовательно и шунтирован конденсатором. Эта схема аналогична последовательной схеме диодного детектора (рис. 2, в). В схеме на рис. 5, б резистор  $R_c$  включен параллельно промежутку сетка — катод, как в параллельной схеме диодного детектирования (рис. 2, г). Емкость конденсатора  $C_c = 100—200$  пф, а сопротивление резистора  $R_c = 1—3$  Мом.

При детектировании амплитудно-модулированных колебаний в цепи сетки появляется пульсирующий ток, состоящий из трех составляющих. Составляющая высокой частоты проходит через конденсатор  $C_c$ , а две другие составляющие проходят через резистор  $R_c$  и создают на нем напряжение, меняющееся со звуковой частотой. Оно воздействует на анодный ток триода, в котором появляются пульсации звуковой частоты. Иначе говоря, напряжение звуковой частоты, получившееся на резисторе  $R_c$ , усиливается триодом. Одновременно усиливается и напряжение высокой частоты, так как оно тоже имеется на сетке. По существу в сеточном детекторе происходит три процесса: диодное детектирование, усиление колебаний низкой частоты и усиление колебаний высокой частоты. Для хорошей работы сеточного детектора

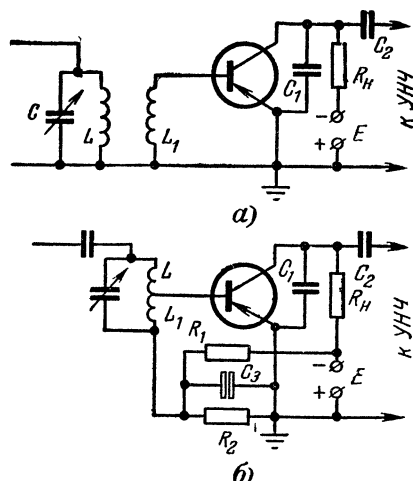


Рис. 6. Схемы транзисторных детекторов без смещения на базе (а) и со смещением (б).

рабочая точка должна находиться на прямолинейном участке характеристики анодного тока и на изгибе характеристики сеточного тока.

В анодную цепь триода включен резистор  $R_a$ , на котором создается усиленное напряжение низкой частоты. Это напряжение через разделительный конденсатор  $C_2$  подается на УНЧ. При его отсутствии вместо резистора  $R_a$  включают телефон. В схемах на рис. 5 усиление колебаний высокой частоты не используется. Высокочастотная составляющая анодного тока пропускается мимо резистора  $R_a$  через конденсатор  $C_1$  емкостью в сотни пикофард, включенный между анодом и катодом лампы.

У некоторых ламп с катодом прямого накала сеточный ток начинается не при нулевом, а при положительном напряжении на сетке порядка десятых долей вольта. При использовании таких ламп желательно присоединять резистор  $R_c$  к плюсу батареи накала, чтобы дать некоторый положительный потенциал на сетку и сместить рабочую точку на изгиб характеристики сеточного тока.

Сеточный детектор очень чувствителен к слабым сигналам. Но при сильных сигналах на резисторе  $R_c$  получается большое отрицательное напряжение смещения, которое сдвигает рабочую точку к нижнему изгибу характеристики анодного тока, и тогда усиление происходит со значительными нелинейными искажениями.

**Детекторы на транзисторах.** Наиболее часто применяют схему транзисторного детектора, в которой нагрузочный резистор  $R_H$  включен в цепь коллектора (рис. 6, а). Для установления рабочей точки, обеспечивающей наилучший эффект детектирования, иногда подают на базу прямое напряжение смещения с помощью делителя  $R_1 R_2$  (рис. 6, б).

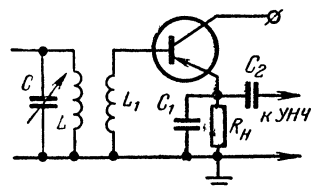


Рис. 7. Транзисторный детектор с резистором в цепи эмиттера.

Особенность транзисторных детекторов заключается также в том, что они должны иметь индуктивную или автотрансформаторную связь с колебательным контуром LC. При этом число витков катушки  $L_1$ , к которой подключен транзистор, должно быть в несколько раз меньше, чем у катушки  $L$ . Если де-

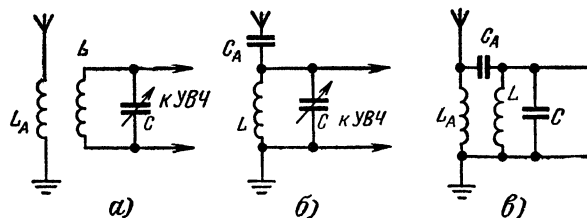


Рис. 8. Схемы связи входного контура с антенной.

а — индуктивная; б — емкостная; в — индуктивно-емкостная.

тектор присоединить к концам катушки  $L$ , то чувствительность и избирательность приемника резко ухудшается. Резистор  $R_H$  обычно имеет сопротивление порядка единиц килоом. Напряжение низкой частоты, полученное в результате детектирования, через конденсатор большой емкости  $C_2$  передается на усилитель низкой частоты. Вместо резистора  $R_H$  может быть включен трансформатор низкой частоты.

На рис. 7 показана схема транзисторного детектора с резистором в цепи эмиттера. Этот детектор в отличие от предыдущего может работать без искажений от перегрузки при более сильных сигналах, но зато не дает усиления, позволяет включать детектор ко всей катушке контура. Во всех приведенных схемах конденсатор  $C_1$  служит для пропускания высокочастотной составляющей тока.

**Входная часть приемника.** Колебания из антенны подаются на первый каскад УВЧ через входной контур, который связывается с антенной индуктивно или через небольшую емкость (рис. 8, а и б). Непосредственное соединение входного контура с наружной антенной не применяют потому, что тогда емкость антенны, не являющаяся постоянной, войдет в состав контура и изменит его частоту.

При индуктивной связи с антенной (рис. 8, а) усиление, даваемое входной частью приемника, уменьшается при повышении частоты сигнала. Но если катушка  $L_A$  имеет значительную индуктивность, обеспечивающую собственную частоту антенной цепи ниже самой низкой частоты диапазона приемника, то усиление мало меняется при настройке приемника на разные частоты. Емкостная связь по рис. 8, б при повышении частоты сигнала дает резкое увеличение усиления. Наибольшее постоянство усиления по диапазону достигается в схеме индуктивно-емкостной связи (рис. 8, в). Поскольку приемник, как, правило, имеет несколько диапазонов, например длинных, средних и коротких волн (ДВ, СВ и КВ), то для каждого диапазона обычно применяются отдельные контурные катушки с подстроечными конденсаторами, а также отдельные катушки и конденсаторы

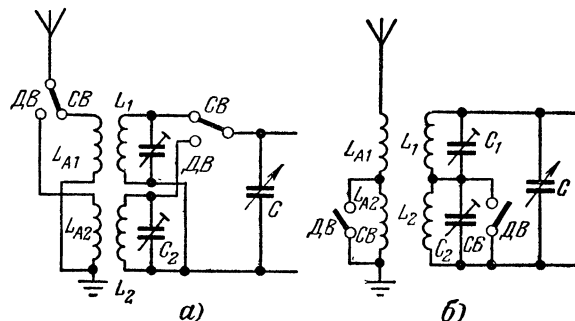


Рис. 9. Переключение диапазонов во входной части приемника.

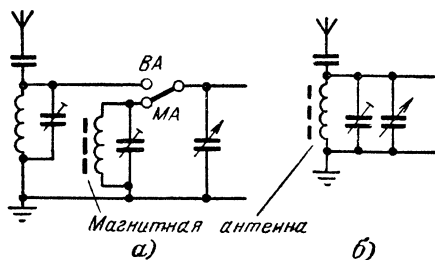


Рис. 10. Включение магнитной антенны.

для связи с антенной, включаемые с помощью переключателя диапазонов. В качестве примера на рис. 9, а показано переключение отдельных катушек для диапазонов ДВ и СВ. В схеме рис. 9, б для перехода на диапазон СВ замыкают накоротко катушки  $L_{A2}$  и  $L_2$ , работающие вместе с катушками  $L_{A1}$  и  $L_1$  на диапазоне ДВ. В последующих схемах для упрощения показаны колебательные контуры только для одного диапазона.

В современных ламповых и транзисторных приемниках для длинных, средних и коротких волн часто применяют магнитную (ферритовую) антенну. Обмотка такой антенны обычно состоит из переключаемых секций с разным числом витков для различных поддиапазонов, причем каждая секция имеет свой подстроечный конденсатор. На рис. 10 показаны две схемы включения магнитной антенны в ламповом приемнике. В схеме по рис. 10, а при приеме на магнитную антенну (МА) внешняя антенна (ВА) и катушка контура отключаются, а в схеме рис. 10, б магнитная антенна включена все время и при приеме на внешнюю антенну играет роль индуктивности контура. Могут быть и другие варианты схем входной части приемника с магнитной антенной.

Транзистор связывается с магнитной антенной чаще всего индуктивно (рис. 11, а) или автотрансформаторно (рис. 11, б). В обоих случаях катушка  $L_1$ , к которой подключен транзистор, имеет в несколько раз меньше витков, чем катушка  $L$ . Так как магнитная антенна обладает направленным действием, то либо делают ее с поворотным устройством, либо приходится поворачивать весь приемник до получения наиболее громкой слышимости.

Наиболее типичные схемы входной части приемников УКВ показаны на рис. 12. Если прием ведется на симметричный вибратор, например петлевой, связанный с приемником симметричным фидером (часто такой диполь монтируется внутри самого приемника), то устраивается симметричная индуктивная связь с входным контуром (рис. 12, а). Вывод от средней точки катушки связи  $L_A$  заземляется. Если от антенны идет несимметричный коаксиальный фидер, то его подключают к небольшой части витков катушки  $L$  (рис. 12, б).

Для улучшения избирательности и уменьшения помех на входе приемника часто применяют различные фильтры. Например, входная часть может быть сделана в виде *полосового* фильтра из двух резонансных контуров, имеющих сильную связь. На рис. 13, а показан такой фильтр с ем-

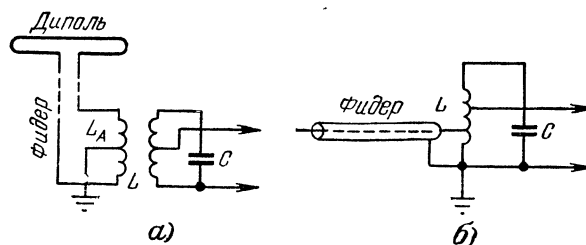


Рис. 12. Схемы входов приемников УКВ.

костной связью. Уменьшить помехи от близкой мощной станции можно, применяя фильтр в виде контура, настроенного на частоту этой станции. Рисунок 13, б изображает заградительный фильтр (*фильтр-пробку*). Контур  $C_\Phi L_\Phi$  настроен на частоту сигналов мешающей станции и представляет только для них большое сопротивление. На рис. 13, в цепь  $L_\Phi C_\Phi$  настроена на частоту мешающих сигналов и представляет для них малое сопротивление. Поэтому только ток этих сигналов проходит через фильтр мимо приемника. Могут быть и более сложные фильтры.

**Ламповые усилители высокой частоты.** Усилитель высокой частоты должен усилить колебания высокой частоты, полученные от антенны, и повысить избирательность приемника.

Одна из распространенных схем усилителя высокой частоты с анодным контуром показана на рис. 14, а. Переменное напряжение высокой частоты поступает от входного контура на сетку лампы и создает в анодной цепи ток, пульсирующий с высокой частотой. Анодный контур  $L_2 C_2$  является нагрузочным сопротивлением для переменной составляющей анодного тока. Чем больше его сопротивление, тем больше коэффициент усиления каскада. Контур этот настраивается на частоту принимаемых колебаний. При резонансе токов его сопротивление  $R_\Sigma$  очень велико.

Величины  $L$  и  $C$  выбираются в соответствии с нужным диапазоном волн. Для увеличения  $R_\Sigma$  необходимо уменьшить активное сопротивление контура, т. е. уменьшить потери в катушке и конденсаторе. Это важно также для повышения избирательности. Практически  $R_\Sigma$  не удается сделать больше единиц или десятков килоом. А так как внутреннее сопротивление высокочастотных пентодов

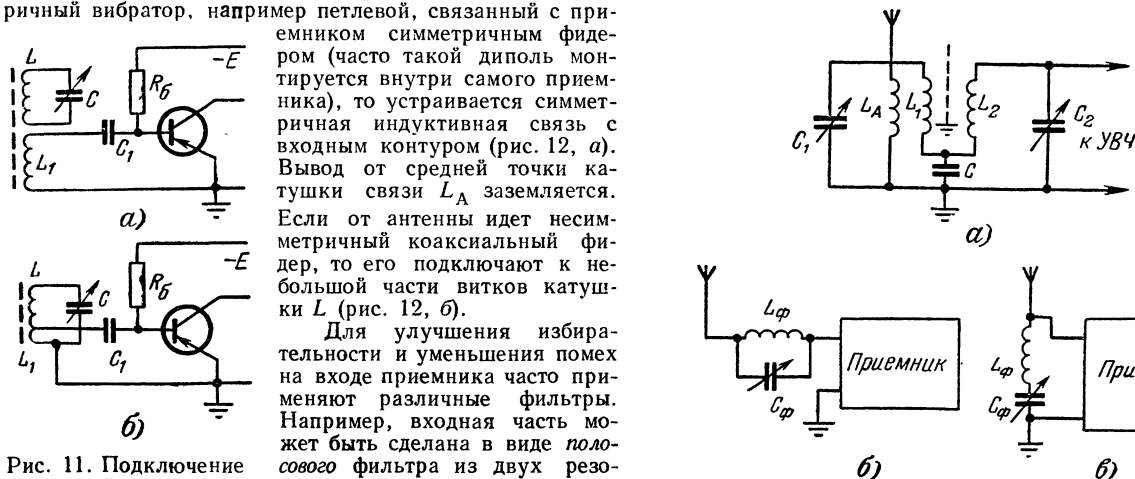


Рис. 11. Подключение магнитной антенны к транзисторному приемнику.

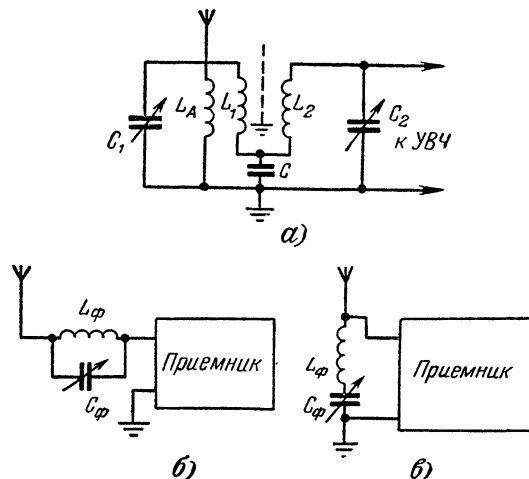


Рис. 13. Полосовой фильтр (а) и фильтры пропускания (б и в) на входе приемника.



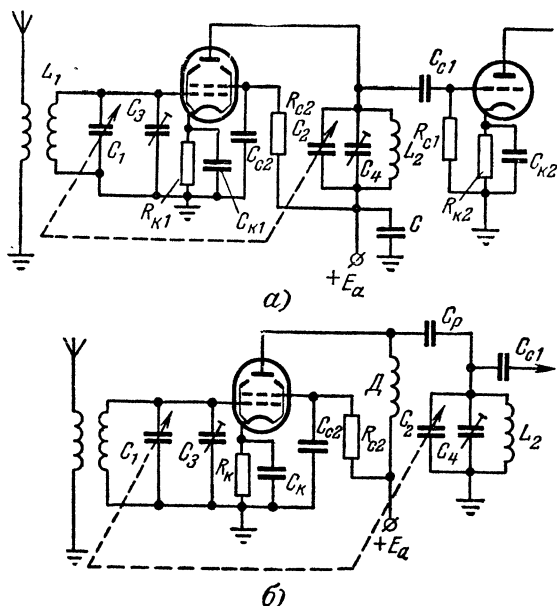


Рис. 14. Схемы УВЧ с анодным контуром.

а — с последовательным анодным питанием; б — то же с параллельным.

достигает сотен и даже тысяч килоом, то коэффициент усиления УВЧ не превышает нескольких десятков, хотя лампа имеет  $\mu$  порядка сотен и даже тысяч.

Например, если в каскаде с пентодом 6Ж8, имеющим параметры  $S = 1,65 \text{ ма/в}$ ,  $R_i = 2 \text{ Мом}$  и  $\mu = 3 \text{ 300}$ , применен анодный контур с сопротивлением  $R_a = 10 \text{ ком}$ , то усиление каскада  $k \approx SR_a = 1,65 \cdot 10 = 16,5$ . Как видно, усиление составляет всего лишь 16,5, т. е. в 200 раз меньше  $\mu$ . Использование коэффициента усиления лампы получается весьма низким вследствие большого  $R_i$  и невозможности построить контур с очень высоким  $R_a$ .

Каскады УВЧ на более коротких волнах дают меньшее усиление. Это объясняется тем, что для коротких волн значительно уменьшается индуктивность  $L$ , а емкость уменьшается мало или остается такой же, как и на более длинных волнах. Например, в современных приемниках при переключении на короткие волны конденсаторы в контурах обычно не меняются. Активное сопротивление контура не может значительно уменьшиться, так как потери с увеличением частоты растут, хотя сопротивление самого привода катушки на коротких волнах становится меньше вследствие уменьшения числа витков. В итоге сопротивление контура  $R_a$  на коротких волнах получается меньше, а поэтому падает и усиление.

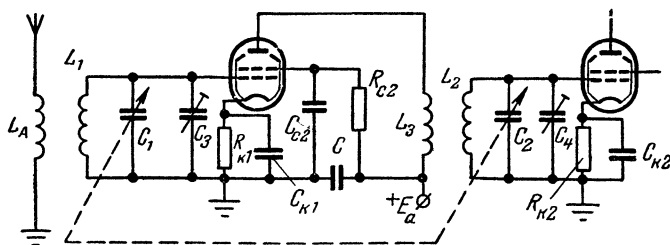


Рис. 15. Трансформаторная схема УВЧ.

Для удобства настройки конденсаторы входного (сеточного) и анодного контуров  $C_1$  и  $C_2$  объединяются в один агрегат. Однако конденсатор  $C_2$  не может иметь общую металлическую ось с конденсатором  $C_1$  во избежание короткого замыкания источника анодного напряжения. На рис. 14, а показано соединение каскада УВЧ с последующим каскадом, которым может быть второй каскад УВЧ, детектор или преобразователь частоты. Усиленное напряжение подается от анодного контура на сетку лампы следующего каскада через конденсатор  $C_{c1}$ , который изолирует сетку от плюса анодного напряжения. Резистор утечки  $R_{c1}$  нельзя включать параллельно  $C_{c1}$ , так как через этот резистор на сетку попадет плюс высокого напряжения. Нужно включить  $R_{c1}$  между сеткой и катодом. Таким образом, контур  $L_2C_2$  одновременно является сеточным контуром следующей лампы. Экранирующая сетка лампы УВЧ питается через понижающий резистор  $R_{c2}$  или через делитель напряжения и должна быть соединена с катодом через конденсатор  $C_{c2}$  емкостью не менее нескольких тысяч пикофард.

Триоды в УВЧ для длинных, средних и коротких волн не применяют, так как они дают малое усиление и обладают значительной емкостью анод-сетка, вызывающей появление паразитной генерации. Для устранения генерации при применении пентодов необходимо хорошо экранировать анодные цепи от сеточных цепей, чтобы между ними не получилось паразитных емкостных или индуктивных связей.

Схема рис. 14, а имеет последовательное анодное питание. Постоянный анодный ток проходит через катушку  $L_2$  анодного контура. Этот контур находится под высоким анодным напряжением. Применяется также схема УВЧ с параллельным анодным питанием (рис. 14, б). В ней постоянная составляющая анодного тока проходит через дроссель  $D$ , а переменная составляющая высокой частоты, для которой дроссель создает большое индуктивное сопротивление, проходит от лампы через разделительный конденсатор  $C_p$  в контур. Удобство этой схемы в том, что анодный контур не находится под высоким напряжением, и поэтому ротор его конденсатора переменной емкости может иметь общую металлическую ось с ротором конденсатора  $C_1$ . Однако нелегко сделать, чтобы дроссель  $D$  в широком диапазоне частот имел большое индуктивное сопротивление. Он должен иметь значительное число витков (несколько сотен или тысяч), намотанных так, чтобы собственная емкость была возможно меньше. Для этого обмотку секционировать. Иногда дроссель заменяют непроволочным резистором с сопротивлением в несколько десятков тысяч ом. Он имеет практически одинаковое сопротивление на всех частотах, но зато уменьшает анодное напряжение на лампе.

Распространенная схема каскада УВЧ, называемая трансформаторной, изображена на рис. 15. В ней анодная цепь лампы УВЧ связана с сеточной цепью следующего каскада при помощи трансформатора высокой частоты, состоящего из катушек  $L_3$  и  $L_2$ . Вторичная катушка  $L_2$  входит в сеточный контур следующего каскада. Катушки обычно наматываются рядом на один каркас. Схема удобна тем, что контур  $L_2C_2$  изолирован от анодного напряжения и, следовательно,  $C_2$  может иметь общую металлическую ось с  $C_1$ . При правильном подборе взаимной индуктивности между  $L_2$  и  $L_3$  каскад дает большее усиление и более высокую избирательность, чем схема с анодным контуром.

В каскадах УВЧ обычно применяется напряжение смещения порядка единиц вольт для устранения сеточного тока и уменьшения расхода анодного тока, что особенно важно и в батарейных приемниках.

# ЛАМПОВЫЕ УСИЛИТЕЛИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ<sup>1</sup>

Один каскад усиления низкой частоты, состоящий из одной лампы и связанных с нею элементов схемы, применяют только в простых приемниках прямого усиления. Большинство усилителей низкой частоты многокаскадные.

Первый каскад, на который поступает сигнал, подлежащий усилению, называют *входным*. Последний каскад усилителя, работающий на нагрузку (например, громкоговоритель), называют *выходным*. Остальные каскады носят название промежуточных. Входной и промежуточные каскады образуют *предварительный усилитель*.

Некоторые усилители предназначены только для усиления подводимого к ним напряжения, причем отдаваемая при этом усилителем мощность не играет существенной роли. Такие усилители называются *усилителями напряжения*.

Другие усилители предназначены для получения определенной мощности. К ним относятся оконечные усилители радиотрансляционных узлов, оконечные студийные усилители и оконечные усилители установок для усиления речей ораторов. Они не могут работать непосредственно от источников электрических колебаний звуковой частоты и требуют подачи на вход напряжения от предварительного усилителя.

**Схема усилительного каскада.** Простейшая схема усилителя с одной лампой при батарейном питании показана на рис. 1. Основными ее частями являются: лампа  $L$ , источники питания  $B_n$  и  $B_a$  и резистор  $R_a$ , включенный последовательно в анодную цепь.

Все эти части образуют *каскад усиления*.

Источник переменного напряжения  $U_{вх}$ , которое нужно усилить, присоединяется на вход усилителя к управляющей сетке и катоду лампы.

Переменное напряжение, поступающее на управляющую сетку, вызывает пульсации анодного тока; во время положительного полупериода напряжения на управляющей сетке анодный ток лампы увеличивается, а во время отрицательного полупериода — уменьшается, как показано на рис. 2. Пульсирующий анодный ток содержит постоянную и переменную составляющие. Проходя через резистор  $R_a$ , анодный ток создает на нем пульсирующее падение напряжения, которое также имеет постоянную и переменную составляющие. Если резистор  $R_a$  имеет достаточно большое сопротивление, то получающееся на нем переменное напряжение  $U_{вых}$  будет значительно больше переменного напряжения  $U_{вх}$ , поданного на управляющую сетку, т. е. получится усиление. Зажимы резистора  $R_a$  называются *выходом усилительного каскада*<sup>2</sup>.

**Коэффициент усиления каскада.** Важной величиной, характеризующей работу усилительного каскада, является его коэффициент усиления, обозначаемый буквой  $K$ . Этот коэффициент показывает, во сколько раз данный каскад усиливает переменное напряжение, подводимое к сетке лампы.

Для определения величины коэффициента усиления каскада нужно разделить выходное напряжение  $U_{вых}$  на входное напряжение  $U_{вх}$ . Таким образом, можно написать:

$$K = \frac{U_{вых}}{U_{вх}}$$

Если, например, от детектора в цепь сетки лампы усилителя поступает переменное напряжение низкой

частоты с амплитудой 0,1 в, а в цепи сетки второй лампы усилителя нужно получить переменное напряжение с амплитудой 7 в, то коэффициент усиления первого каскада должен быть  $\frac{7}{0,1} = 70$ .

Чем больше сопротивление резистора  $R_a$ , тем большее напряжение  $U_{вых}$  выделяется на нем и, следовательно, тем больше коэффициент усиления каскада.

Коэффициент усиления всего усилителя  $K$  зависит от коэффициента усиления его отдельных каскадов. Если обозначить их через  $K_1, K_2, K_3$  и т. д., то

$$K = K_1 K_2 K_3$$

Например, если усилитель имеет три каскада с коэффициентами усиления  $K_1 = 20$ ;  $K_2 = 20$  и  $K_3 = 5$ , то общий коэффициент усиления всего усилителя будет  $K = 20 \cdot 20 \cdot 5 = 2000$ .

Это значит, что если на вход этого усилителя подать напряжение  $U_{вх} = 10 \text{ мВ} = 0,01 \text{ в}$ , то на выходе получится напряжение  $U_{вых} = 2000 \cdot 0,01 = 20 \text{ в}$ .

**Выходная мощность.** Второй величиной, характеризующей усилитель, является выходная мощность  $P_{вых}$ . Это мощность переменного тока низкой частоты, который усилитель создает в выходной нагрузке, т. е. в громкоговорителях, включенных на его выходе. Выходная мощность усилителей низкой частоты радиовещательных приемников с батарейным питанием составляет доли ватта, а при питании от электросетей достигает нескольких ватт<sup>1</sup>.

Каждый усилитель может развивать мощность больше номинальной, но такой случай называют *перегрузкой*.

<sup>1</sup> Усилители низкой частоты характеризуют так называемой номинальной выходной мощностью — мощностью, которую отдает усилитель при коэффициенте гармоник, не превышающем допустимого (см. стр. 58). Номинальную мощность усилитель отдает только при наиболее громкой передаче. В остальное время выходная мощность меньше номинальной. (Прим. ред.)

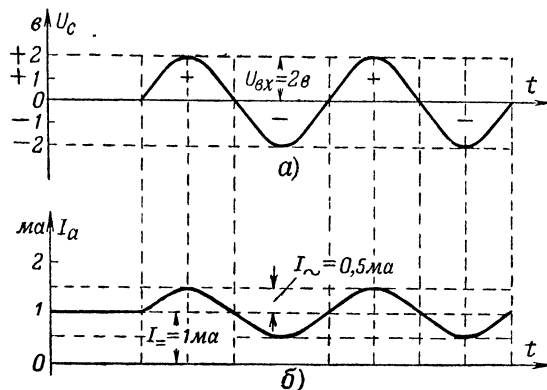


Рис. 2. Изменения напряжения на сетке  $U_c$  (а) и анодного тока  $I_a$  (б) в усилительном каскаде.

<sup>1</sup> По разным источникам.

<sup>2</sup> Для получения усиления без нелинейных искажений на сетку лампы необходимо подать отрицательное смещение. (Прим. ред.)

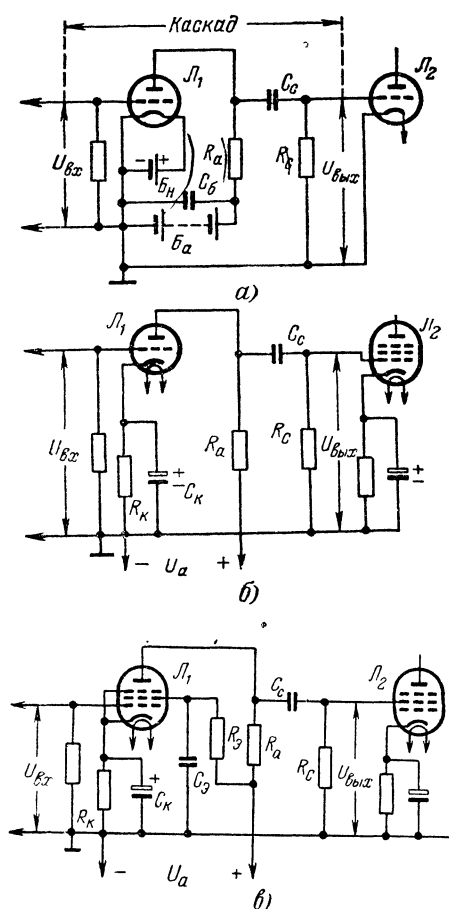


Рис. 3. Каскады усиления низкой частоты с емкостной связью.

а — на триоде прямого накала; б — на подогревном триоде; в — на подогревном пентоде;  $R_k$  — резистор автоматического смещения на управляющую сетку;  $C_k$  — шунтирующий его конденсатор;  $R_a$  — резистор, понижающий напряжение на экранирующей сетке;  $C_a$  — конденсатор блокировочной экранирующей сетки.

При работе с перегрузкой увеличиваются искажения и, кроме того, повышенные напряжения в цепях последнего каскада усилителя могут привести к пробое изоляции в трансформаторах, выходу из строя ламп.

**Усилитель низкой частоты с емкостной межкаскадной связью.** Это наиболее распространенная схема усиления колебаний низкой частоты (рис. 3).

Переменное напряжение здесь подается для усиления на управляющую сетку первой лампы  $\mathcal{L}_1$ . Это напряжение обозначено  $U_{вх}$ . Анодный ток первой лампы становится пульсирующим; его постоянная составляющая проходит через анодную батарею  $B_a$ , а переменная составляющая — через блокировочный конденсатор  $C_b$ , шунтирующий эту батарею.

На резисторе  $R_a$  под действием переменной составляющей анодного тока получается усиленное переменное напряжение. Это напряжение для дальнейшего усиления подают на управляющую сетку следующей лампы  $\mathcal{L}_2$ .

Нельзя подать переменное напряжение с резистора  $R_a$  непосредственно в цепь сетки следующей лампы, так как тогда на сетку лампы  $\mathcal{L}_2$  попадет положительный

полюс высокого напряжения, что совершенно недопустимо. Поэтому переменное напряжение всегда подается на следующий каскад усилителя через конденсатор  $C_c$ , называемый обычно *переходным* или *разделительным конденсатором*. Он изолирует сетку лампы  $\mathcal{L}_2$  от высокого постоянного напряжения анодной батареи, но свободно пропускает переменное напряжение.

В цепь сетки лампы обязательно включают резистор  $R_c$ . Без него лампа не может нормально работать. Для оседающих на сетке электронов надо создать путь к катоду лампы. В противном случае через небольшой промежуток времени отрицательный заряд на сетке лампы возрастет настолько, что лампа «запрется», т. е. перестанет работать. Резистор  $R_c$  и служит тем путем, по которому электроны стекают к катоду лампы<sup>1</sup>.

Таким образом, переменное напряжение с анодного (верхнего на рис. 3) конца резистора  $R_a$  подается на сетку лампы  $\mathcal{L}_2$  через конденсатор  $C_c$ , а с другого (нижнего) конца этого резистора — к катоду этой лампы через блокировочный конденсатор  $C_b$ . Это переменное напряжение, подводимое к управляющей сетке второй лампы, является выходным напряжением первого каскада  $U_{вых}$ .

Детали  $C_c$  и  $R_c$  при рассмотрении работы усилительного каскада принято считать входящими в состав этого каскада (дополнительно к  $R_a$ ).

**Частотная характеристика усилителя.** Усилитель обычно бывает рассчитан на усиление колебаний в определенном диапазоне (полосе) частот.

Усилители разговорной речи имеют сравнительно узкую полосу воспроизводимых частот, примерно 200—2000 гц, а усилители, предназначенные для художественных передач, должны усиливать возможно более широкий диапазон частот<sup>2</sup>. Чем шире полоса частот, пропускаемых усилителем, тем натуральнее будет звучать воспроизводимая передача.

Если подводить к усилителю напряжения определенной амплитуды, но разной частоты и измерять напряжения, которые дает усилитель на выходе, то можно определить коэффициенты усиления, даваемые усилителем при той или другой частоте усиливаемых колебаний. Результаты этих измерений можно изобразить графически, откладывая по горизонтальной оси частоты усиливаемых колебаний, а по вертикальной — усиление на этих частотах. В результате получим так называемую *частотную характеристику усилителя*, по которой можно судить о равномерности усиления в диапазоне частот. Пример частотной характеристики усилителя низкой частоты приведен на рис. 4.

Усилитель должен по возможности одинаково усиливать колебания всех частот, лежащих в заданной полосе: частотная характеристика хорошего усилителя должна иметь вид прямой или почти прямой горизонтальной линии. Нелинейность частотной характеристики свидетельствует о том, что колебания разных частот усиливаются неравномерно, т. е. что усилитель искажает передачу. Искажения, получающиеся из-за неравномерности усиления на разных частотах, носят название *частотных искажений* (см. стр. 58).

Нельзя построить усилитель, который обладал бы абсолютно прямолинейной частотной характеристикой. Влияние емкостей между отдельными элементами схемы сказывается тем сильнее, чем больше частота усиливаемых колебаний. Если считать, что величина этих паразитных емкостей составляет несколько десятков пико-

<sup>1</sup> В каскаде с подогревной лампой обычно на ее управляющую сетку подают *автоматическое отрицательное смещение* с помощью резистора, включенного между катодом лампы и минусом источника анодного питания. (Прим. ред.)

<sup>2</sup> См. статью «Семь качеств приемника» на стр. 148.

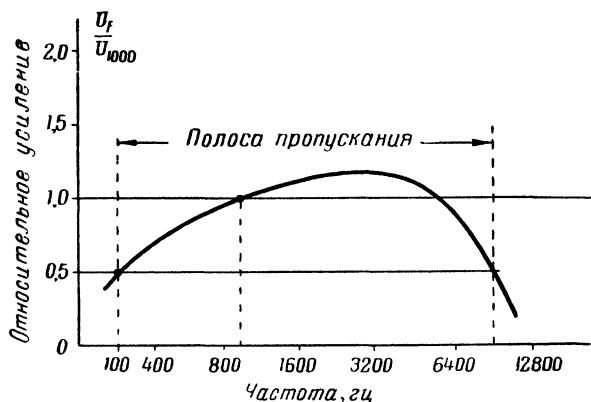


Рис. 4. Пример частотной характеристики усилителя низкой частоты.

$\frac{U_F}{U_{1000}}$  — отношение напряжения на данной частоте  $F$  к напряжению на частоте 1000 гц.

Границы полосы пропускания определяются частотами, на которых коэффициент усиления составляет 0,5 величины на частоте 1 000 гц.

фард, то эти емкости будут представлять для средних частот звукового диапазона сопротивления порядка нескольких миллионов ом и, следовательно, они не будут сколько-нибудь заметно понижать коэффициент усиления. Однако для наиболее высоких частот звукового диапазона сопротивление этих паразитных емкостей понижается до сотен тысяч ом и, следовательно, может оказаться одного порядка с сопротивлением резисторов, применяемых в анодных цепях усилителя. Поэтому каскад усилителя низкой частоты по схеме на рис. 3 в области высоких частот имеет спадающую частотную характеристику («завал» на верхних частотах).

С другой стороны, при усилении самых низких частот звукового диапазона начинает заметно сказываться влияние сопротивления переходной емкости  $C_c$ , которое становится сравнительно большим для таких низких частот. Поэтому на очень низких частотах каскад дает тоже малое усиление («завал» на низких частотах).

Итак, наиболее высокие и низкие частоты звукового диапазона будут усиливаться хуже, в средней же части звукового диапазона колебания всех частот будут усиливаться примерно одинаково.

Устранение частотных искажений, которые возникают вследствие неравномерного усиления колебаний различных частот, достигается в усилителе низкой частоты правильным выбором электрических величин деталей схемы и рациональным ее выполнением. Во всех же других схемах усилителей низкой частоты достигнуть совершенно равномерного усиления всех частот чрезвычайно трудно. Поэтому по сравнению со всеми другими видами усилителей каскады низкой частоты по

схемам на рис. 3 по праву могут считаться «неискажающими». В этом заключается основное достоинство каскадов по схеме на рис. 3. Но такой усилитель имеет и весьма существенный недостаток: он обладает небольшим усилением<sup>1</sup>. Коэффициент усиления усилителя низкой частоты с емкостными связями всегда меньше произведения коэффициентов усиления  $\mu$  примененных в нем ламп.

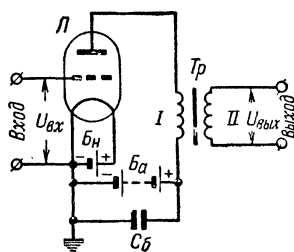


Рис. 5. Схема каскада с трансформаторной связью.

**Трансформаторный усилитель.** Схема трансформаторного усилителя показана на рис. 5. Первичная обмотка  $I$  трансформатора низкой частоты  $Tr$  включена в анодную цепь лампы  $L_1$ , а на вторичной его обмотке  $II$  получается увеличенное переменное напряжение, которое следует считать выходным напряжением данного каскада.

Если это напряжение подается на следующий каскад усиления, то трансформатор  $Tr$  называют *междуламповым*, так как он связывает предыдущую лампу с последующей<sup>2</sup>; если же трансформаторный усилитель является оконечным каскадом, то трансформатор называют *выходным* и к его вторичной обмотке подключают громкоговоритель или телефон.

В усилителях применяются междупламповые трансформаторы с отношением числа витков первичной обмотки к числу витков вторичной обмотки от 1 : 1 до 1 : 4. Число витков первичной обмотки бывает равно нескольким тысячам (от 2 000 до 5 000). Первичная обмотка обладает малым сопротивлением для постоянного тока, и поэтому можно считать, что напряжение на аноде лампы равно напряжению анодной батареи.

Главным достоинством трансформаторного усилителя является высокий коэффициент усиления каскада, который при использовании повышающего трансформатора может быть даже больше коэффициента усиления  $\mu$  лампы, что невозможно в других типах усилителей. Это объясняется тем, что переменное напряжение повышается не только за счет усилительных свойств лампы, но и самим трансформатором, если он повышающий.

Недостатком трансформаторного усилителя является то, что он создает большие искажения, чем усилитель с емкостной связью.

<sup>1</sup> Применяя в каскаде усиления с емкостной связью пентоды с подогревными катодами, можно получить большое усиление на каскад — порядка 100—200. (Прим. ред.)

<sup>2</sup> Междукаскадная трансформаторная связь в настоящее время в радиовещательных ламповых приемниках практически не применяется. (Прим. ред.)

## ВЫХОДНЫЕ КАСКАДЫ ЛАМПОВЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ<sup>1</sup>

Каскад предварительного усиления всегда работает на следующий каскад. Создаваемые ими напряжения подаются на сетку следующей лампы для управления ее анодным током. Для этого нужны достаточно большие

напряжения, но не требуется сколько-нибудь значительной мощности. Поэтому задача каскадов предварительного усиления заключается в том, чтобы на выходе усилителя получить возможно большее напряжение. Для этого в анодных цепях применяют резисторы, сопротивления которых по крайней мере в

<sup>1</sup> По разным источникам.

несколько раз превосходят внутренние сопротивления триодов<sup>1</sup>.

Однако не всегда задача каскада сводится к тому, чтобы получить на выходе максимальное напряжение. В том случае, когда лампа является оконечной и в ее анодную цепь включен телефон или громкоговоритель, задача каскада оказывается несколько иной. Он должен отдать во внешнюю цепь (например, громкоговорителю) не наибольшие напряжения, а наибольшую мощность, так как громкость воспроизведения звука зависит от мощности, которая подводится к громкоговорителю. Поэтому оконечные, выходные, каскады называют *усилителями мощности*.

Наибольшая мощность, которая может быть получена при достаточно малых искажениях, так называемая неискаженная мощность, выделяется во внешней цепи, когда сопротивление внешней нагрузки переменному току есть величина такого же порядка, как внутреннее сопротивление лампы<sup>2</sup>.

На «низкоомном» громкоговорителе, имеющем мало витков в обмотке, включенном непосредственно в анодную цепь лампы, будет выделяться очень незначительная мощность, и громкоговоритель будет работать плохо. Низкоомные громкоговорители следует включать в анодную цепь оконечной лампы через выходной трансформатор, имеющий большое число витков в первичной обмотке и малое — во вторичной. Такой трансформатор является для оконечной лампы подходящей нагрузкой, так как со стороны первичной обмотки его сопротивление достаточно велико, а вторичная обмотка с малым числом витков обладает малым внутренним сопротивлением, что как раз выгодно для работы на низкоомный громкоговоритель.

Так как оконечная лампа должна отдавать значительную мощность, она должна допускать высокие анодные напряжения и давать значительные анодные токи. Мощность, которая должна быть подведена от источника анодного напряжения к оконечной лампе, больше мощности, которую нужно получить от лампы.

В данных оконечных ламп указывается неискаженная мощность, которую лампа может отдать. Эта мощность должна быть не меньше той, которая необходима для нормальной работы громкоговорителя.

В выходных каскадах, работающих на динамический громкоговоритель, применяют выходные пентоды (6П14П, 6П18П) или близкие им по свойствам выходные тетроды (6П1П, 6П3С). Эти лампы позволяют получить большие выходные мощности и к. п. д., чем триоды с такой же мощностью, расходуемой на накал. Однако и современные оконечные лампы имеют все же низкий к. п. д.

Высокоомные громкоговорители хотя и можно с точки зрения выделения наибольшей мощности включать непосредственно в анодную цепь оконечной лампы, но часто это бывает нецелесообразно по другой причине. При непосредственном включении громкоговорителя в анодную цепь через обмотку громкоговорителя проходит весь постоянный анодный ток лампы, который нагревает обмотку, создает добавочное подмагничивание и т. п. Между тем для работы громкоговорителя этот постоян-

ный анодный ток совсем не нужен, так как громкоговоритель приводится в действие только переменной составляющей анодного тока. Чтобы не перегружать громкоговоритель постоянным током, для включения высокоомных громкоговорителей иногда также пользуются выходным трансформатором, но в этом случае трансформатор имеет примерно одинаковое число витков в первичной и вторичной обмотках.

Рис. 1. Дроссельный выход усилителя.

Вместо выходного трансформатора для той же цели применяется так называемый *дроссельный выход* (рис. 1). Обмотка громкоговорителя  $G_r$  включается в анодную цепь лампы через конденсатор  $C$ , который не пропускает в обмотку постоянный составляющей анодного тока. Чтобы создать путь для постоянной составляющей анодного тока (без чего лампа не могла бы работать), включается дроссель низкой частоты  $D_r$ . Индуктивное сопротивление этого дросселя должно быть достаточно велико, чтобы в него не отзывались сколько-нибудь заметные переменные токи, питающие громкоговоритель<sup>1</sup>.

Усилитель, работающий в режиме А при правильном подборе нагрузки, дает малые искажения, но при этом с лампы можно снять относительно небольшую мощность. Коэффициент полезного действия такого каскада очень мал: от 65 до 75% мощности, потребляемой от анодного источника, расходуется на нагрев лампы и только 25—35% обращаются в полезную мощность переменного тока звуковой частоты. Это значит, что если мы правильно нагрузили хорошую выходную лампу и хотим снять с нее мощность 1 *вт*, то к ее анодной цепи надо подвести мощность до 3 *вт* от источника анодного питания. Потребление приемником нескольких лишних ватт, на первый взгляд, не может привести к большим потерям мощности. Однако в нашей стране работают миллионы приемников, и даже самая маленькая экономия в одном приемнике приводит в итоге к экономии громадной энергии.

Для улучшения к. п. д. выходных каскадов применяют двухтактные схемы, работающие в режиме АВ (рис. 2), который подробно описан в статье на стр. 103.

Выходной трансформатор двухтактного каскада может быть меньше, чем однотактного, так как в трансформаторе двухтактного каскада не происходит постоянного намагничивания сердечника. Обе половины первичной обмотки состоят из равного числа витков, и по ним в разные стороны проходят одинаковые токи. Каждая половина намагничивает сердечник по-своему, но так как ампер-витки у них равны, то сердечник не приобретает намагниченности постоянным полем.

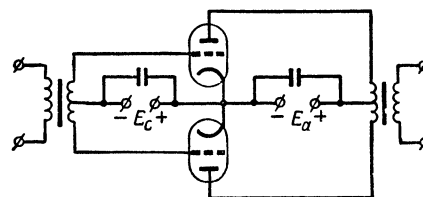


Рис. 2. Двухтактная схема выходного каскада.

<sup>1</sup> Резисторы в анодных цепях каскадов на пентодах, как правило, имеют сопротивления меньше, чем внутренние сопротивления этих ламп. (Прим. ред.)

<sup>2</sup> Имеются в виду усилители мощности с триодами, которые в настоящее время в радиовещательных приемниках, телевизорах, магнитофонах и в другой аппаратуре заводского и радиолюбительского изготовления не применяются. При использовании в усилителях мощности пентодов или лучевых тетродов наибольшая неискаженная мощность получается от них при сопротивлении нагрузки значительно меньше внутреннего сопротивления лампы. (Прим. ред.)

<sup>1</sup> Высокоомные громкоговорители электромагнитного типа вышли из употребления. В связи с этим дроссельный выход представляет весьма ограниченный практический интерес, возможно, только при включении телефонов. (Прим. ред.)

## САМОДЕЛЬНЫЙ ДВУХЛАМПОВЫЙ ПРИЕМНИК <sup>1</sup>

Приемник собран по схеме прямого усиления 0-V-1 (рис. ниже) и рассчитан на прием радиовещательных станций в диапазонах длинных (2 000—732 м) и средних (577—200 м) волн. Питание приемника осуществляется от сети переменного тока напряжением 127 или 220 в.

Первая лампа работает в сеточном детекторе с положительной обратной связью. Последняя регулируется переменным резистором  $R_6$ . Вторая лампа  $L_2$  служит оконечным услителем мощности. В анодную цепь этой лампы через выходной трансформатор  $Tr_1$  включен динамический громкоговоритель  $Гр$ . Выпрямитель собран по мостовой схеме на германиевых плоскостных диодах Д7Ж (или ДГ-Ц27).

В приемнике имеются гнезда  $Зв$  для включения звукоснимателя. При использовании пьезоэлектрического звукоснимателя необходимо параллельно гнездам  $Зв$  подключить резистор сопротивлением 100 ком, показанный на схеме пунктиром.

Трансформатор питания  $Tr_2$  собран на сердечнике из пластин Ш-18; толщина пакета 40 мм. Сетевая обмотка трансформатора намотана проводом ПЭЛ 0,31 и содержит 880 + 700 витков. Повышающая обмотка состоит из 1 700 витков провода ПЭЛ 0,2. Обмотка накала ламп имеет 50 витков провода ПЭЛ 0,41. Между сетевой и остальными обмотками намотан в один слой провод ПЭЛ 0,2, служащий экраном. Один из концов этого провода соединяется с заземленным общим проводом.

Дроссель фильтра  $Др$  намотан на сердечнике из пластин Ш-18; толщина пакета 20 мм; обмотка 3 200 витков провода ПЭЛ 0,15—0,2.

Выходной трансформатор  $Tr_1$  намотан на сердечнике из пластин Ш-18; толщина пакета 20 мм. Первичная обмотка содержит 3 500 витков провода ПЭЛ 0,14, а вторичная — 100 витков ПЭЛ 0,64.

Трансформатор питания и выходной трансформатор, а также дроссель фильтра можно применить заводского изготовления.

Катушки приемника  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$ ,  $L_4$  наматывают на каркас, склеенный из органического стекла, текстолита или фанеры толщиной 1,5—3 мм. В каркасе сверлят отверстия диаметром 1—2 мм для закрепления концов провода. Катушка  $L_1$  имеет 140 витков,  $L_2$  — 345 витков,  $L_3$  — 60 витков,  $L_4$  — 160 витков. Все катушки намотаны в одном направлении проводом ПЭЛ 0,12—0,15, катушка  $L_1$  намотана витку к витку, остальные — внавал в пазах каркаса.

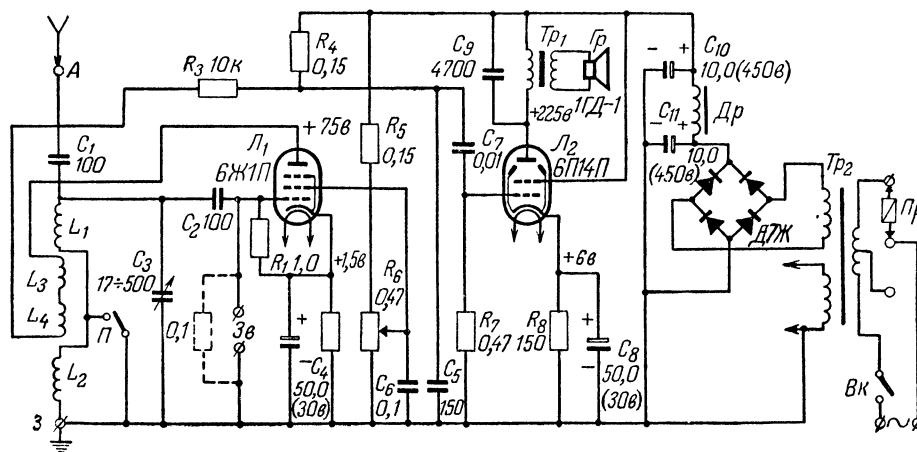
Переключатель диапазонов  $П$ . Детали его изготавливают из листовой меди или латуни толщиной 1—1,5 мм.

Конденсатор переменной емкости  $C_3$  применен с воздушным диэлектриком. При отсутствии одинарного конденсатора можно использовать секцию сдвоенного блока конденсаторов переменной емкости.

Приемник монтируют на шасси, изготовленном из дюралюминия, досок или фанеры. Сердечники трансформаторов  $Tr_1$ ,  $Tr_2$ , дросселя  $Др_1$  и ось переменного резистора  $R_6$  в случае применения деревянного шасси должны быть соединены с общим (заземленным) проводом. Данные всех деталей и режим ламп приведены на принципиальной схеме.

Закончив монтаж, следует тщательно проверить все соединения по принципиальной схеме,

<sup>1</sup> Написано А. М. Нефедовым.



Принципиальная схема приемника.

после чего можно включать приемник в электро-сеть.

Налаживание приемника сводится к подбору элементов цепи обратной связи и подгонке режима ламп. Резистор  $R_5$  подбирают с таким сопротивлением, чтобы при регулировке обратной связи переменным резистором  $R_6$  приемник не

самовозбуждался (не свистел), но был близок к порогу возбуждения. Этого нужно добиться на обоих диапазонах при всех положениях подвижных пластин конденсатора переменной емкости  $C_3$ .

Для нормальной работы приемника нужна наружная антенна длиной 10—15 м.

## ПРОСТЕЙШИЙ ОДНОТРАНЗИСТОРНЫЙ ПРИЕМНИК <sup>1</sup>

Описываемый ниже приемник может быть первым приемником начинающего радиолюбителя. При благоприятных условиях на него удастся вести прием ближних мощных радиостанций на внутреннюю магнитную антенну. Приемник очень экономичен в питании. Запаса электроэнергии батареи из элементов типа 1,3-ФМЦ-0,25 (ФБС-0,25) хватает более чем на 100 час непрерывной работы.

**Принципиальная схема.** Приемник имеет один настраивающийся контур  $L_1C_2$  магнитной антенны МА (рис. 1), при слабых сигналах к этому контуру через гнезда А и З можно присоединить наружную антенну и заземление. Выделенный контуром высокочастотный сигнал принятой станции через катушку связи  $L_2$ , индуктивно связанную с катушкой  $L_1$ , поступает в цепь базы транзистора  $T_1$ . Усиленный им сигнал выделяется на высокочастотном дросселе  $Dr$ , включенном в цепь коллектора транзистора, и через конденсатор  $C_4$  подается на детектор, собранный по схеме удвоения напряжения на диодах  $D_1$  и  $D_2$ . Полученное в результате детектирования низкочастотное напряжение выделяется на резисторе  $R_3$  и с него через конденсатор  $C_5$  подводится к базе транзистора и усиливается последним. Таким образом, транзистор одновременно усиливает колебания высокой и низкой частоты. Такой усилительный каскад называют *рефлексным*. Его нагрузкой по низкой частоте служит телефон  $Tлф$ , включенный в коллекторную цепь транзистора последовательно с высокочастотным дросселем  $Dr$ .

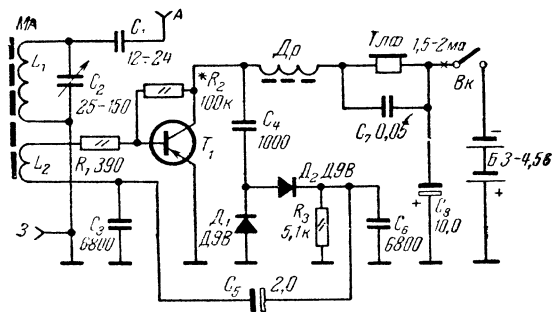


Рис. 1.

<sup>1</sup> Написано для хрестоматии М. М. Румянцевым.

**Детали.** Для сборки приемника нужны следующие покупные радиодетали: стержень длиной 100—140 мм и диаметром 8—10 мм из феррита марки 600НН <sup>1</sup>. Кольцо с наружным диаметром 8—10 мм из феррита марки 600НН или 1000НМ. Конденсатор подстроечный КПК-2-25—150 пФ. Постоянные конденсаторы типа КТ-1, КТМ емкостью 12—24 пФ, КДС, КД-1 или КСО емкостью 1000 и 6 800 пФ, БМ, МБМ емкостью 0,05 мкФ, ЭМ, ЭМ-М или ЭМИ емкостью 2 и 10 мкФ на номинальное напряжение 3—10 в. Миниатюрный электромагнитный телефон ТМ-1, ТМ-2 или иного типа с сопротивлением катушки постоянному току 50—2 000 ом. Два элемента типа ФБС-0,25 (1,3-ФМЦ-0,25) или одна батарея для карманного фонаря типа КБС-Л-0,5. Транзистор типа П401, П402, П403 и П403А. Любой диод из серий Д1, Д2 и Д9.

Самодельными деталями являются контурные катушки  $L_1$  и  $L_2$  магнитной антенны и дроссель  $Dr$ . Для приема на длинных волнах катушка  $L_1$  должна содержать 240—270 витков, а  $L_2$  — 15—20 витков провода ПЭЛ, ПЭВ или ПЭЛШО 0,1—0,15. Для приема на средних волнах первая из них должна иметь 120—130 витков, а вторая 8—12 витков провода тех же марок диаметром 0,2—0,25 мм. Дроссель  $Dr$  наматывают проводом ПЭЛ или ПЭВ на кольцевом сердечнике, число его витков 200—250. Намотку всех катушек выполняют внавал.

**Сборка и наладка.** На рис. 2 показан монтаж рабочего макета приемника. Первоначальная сборка на макете имеет очень большие преимущества. На нем легко проверить различ-

<sup>1</sup> Сердечники из феррита марки 600НН являются нестандартными. В соответствии с Государственным стандартом ГОСТ 11082-64, который введен с 1 июля 1965 г., для магнитных антенн будут выпускаться сердечники только из ферритов марок 2000НМ1, 400НН и 30ВЧ2 (марки ферритов должны обозначаться на сердечниках).

При использовании сердечника из феррита марки 2000 НМ1 числа витков катушки нужно несколько уменьшить, а при использовании сердечников других стандартных марок увеличить по сравнению с указанными автором.

Сердечник из феррита марки 400НН можно применять как для антенны средневолнового, так и длинноволнового диапазона. Сердечник из феррита марки 2000НМ1 рекомендуется применять только в антеннах длинноволнового диапазона. (Прим. ред.)



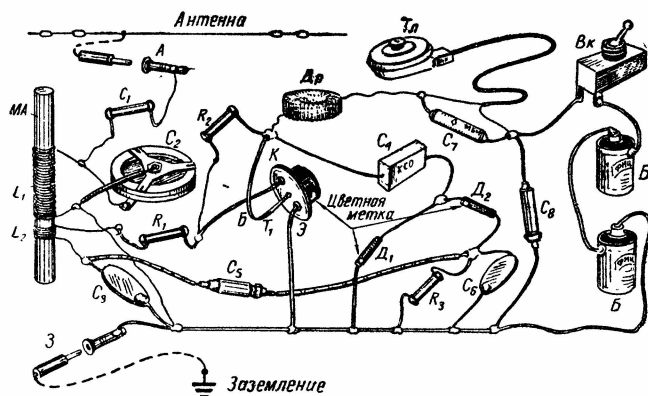


Рис. 2.

ные детали, подобрать нужный режим работы транзистора, установить границы рабочего диапазона и многое, многое другое. Проводить все эти операции на схеме, уже окончательно собранной на основной монтажной плате, значительно сложнее, а при тесной компоновке просто невозможно.

## КАРМАНЫЙ ПРИЕМНИК «ЮТ» <sup>1</sup>

Миниатюрный карманный приемник, внешний вид которого приведен на рис. 1, предназначен для приема мощных местных радиостанций Центрального вещания, работающих в диапазоне средних волн 200—570 м. При желании средневолновый диапазон можно заменить длинноволновым 750—2 000 м.

Собран приемник на четырех транзисторах, одном диоде и небольшом количестве недефицитных распространенных радиодеталей. Питается он от миниатюрной батареи типа «Крона», запаса электроэнергии которой хватает на 10—15 час непрерывной работы.

**Схема.** Принципиальная схема приемника показана на рис. 2. Она содержит: магнитную антенну МА с настраиваемым антенным контуром  $L_1C_1$ . Настройка на принимаемые радиостанции осуществляется конденсатором переменной емкости  $C_1$ . В условиях неблагоприятного приема, когда сигнал станции сильно ослаблен, к контуру магнитной антенны можно через специальное гнездо А и разделительный конденсатор  $C_A$  подключать наружную антенну, которая позволяет значительно увеличить радиус действия приемника.

Принятый антенным контуром сигнал станции через катушку связи  $L_2$ , индуктивно свя-

Зобранный макет проверяют по принципиальной схеме. Затем с помощью миллиамперметра постоянного тока, подбирая сопротивление резистора  $R_2$ , устанавливают коллекторный ток транзистора  $T_1$  в пределах 1,5—2 ма и настраиваются на какую-либо радиостанцию. Если прием идет слабо, то следует попытаться более тщательно подобрать режим работы транзистора или заменить его другим с большим коэффициентом усиления. После этого подбором количества витков антенной катушки  $L_1$  устанавливают границы рабочего диапазона в нужные пределы.

Схему приемника, налаженную в макете можно перебрать на основную плату и поместить в футляр.

**Общие замечания.** Если местные станции прослушиваются очень громко, то стержень антенны можно укоротить до 3—5 см, подобрав экспериментально количество витков антенной катушки  $L_1$ . Это позволит сделать приемник очень миниатюрным.

При приеме слабых станций к приемнику следует присоединять наружную антенну и заземление.

занную с  $L_1$ , поступает на вход первого каскада усиления высокой частоты, собранного на транзисторе  $T_1$  с нагрузкой в цепи коллектора в виде резистора  $R_1$ . Режим работы транзистора стабилизирован по постоянному току. Осуществляется это с помощью эмиттерного тока, протекающего по резистору  $R_4$ , зашунтированному (по переменному току) конденсатором  $C_3$ .

Далее усиленный сигнал станции поступает на второй высокочастотный каскад, выполненный на транзисторе  $T_2$  с индуктивной коллекторной нагрузкой в виде широкополосного трансформатора  $L_3L_4$ . Режим работы транзистора  $T_2$  также стабилизирован по постоянному току.

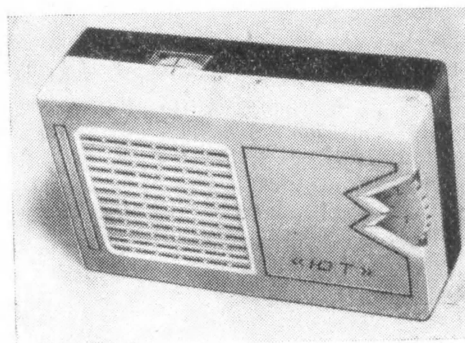


Рис. 1.

<sup>1</sup> Приемник конструкции М. М. Румянцев. Описан для хрестоматии автором.

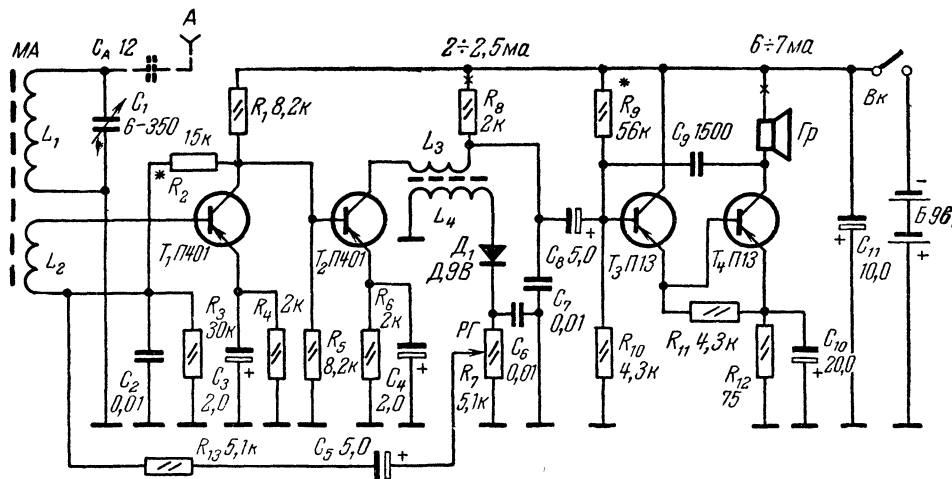


Рис. 2.

Кроме того, режим работы  $T_2$  взаимосвязан с режимом работы транзистора  $T_1$ . Осуществляется это использованием непосредственной связи между отдельными высокочастотными каскадами. Взаимосвязь режимов транзисторов позволяет упростить процесс наладки схемы и делает ее работу более стабильной при различных температурных условиях.

Усиленный двумя каскадами высокочастотный сигнал с катушки  $L_4$  поступает на диодный детектор, роль которого выполняет диод  $D_1$ , детектируется и выделяется на нагрузочном резисторе  $R_7$ , являющемся одновременно и регулятором громкости  $РГ$ . С этого резистора низкочастотное напряжение через разделительный конденсатор  $C_5$  и резистор  $R_{13}$  подводится к базе транзистора  $T_1$ .

Таким образом, усилительные каскады на транзисторах  $T_1$  и  $T_2$  являются рефлексными, работающими и на высокой, и на низкой частоте. Это обстоятельство позволяет значительно упростить схему, не ухудшая ее усилительных свойств.

Усиленное низкочастотное напряжение выделяется на нагрузочном резисторе  $R_8$  в коллекторной цепи транзистора  $T_2$  и через разделительный конденсатор  $C_8$  поступает на вход выходного каскада, собранного на транзисторах  $T_3$  и  $T_4$ . Нагрузкой транзистора  $T_4$  служит сравнительно высокоомное (60—150 ом постоянному току) сопротивление катушки громкоговорителя  $Гр$ . Режим работы этих транзисторов также стабилизирован по постоянному току. Рассматриваемая схема проста в налаживании и позволяет использовать транзисторы с низкими коэффициентами усиления по току.

**Детали.** Для сборки схемы нужны следующие стандартные покупные радиодетали. Ферритовый стержень круглого сечения диаметром 8—

9 мм и длиной 100 мм из материала 600НН. Ферритовое кольцо с наружным диаметром 10 мм, внутренним 6 мм и высотой 3—5 мм из материала 600НН или 1000НН. Конденсатор переменной емкости завода Моссовнархоза, его можно заменить любым другим, например фирмы «Тесла». Постоянные конденсаторы: емкостью 12 пф типа КТ-1, КТК; емкостью 1500 пф — КД-1, КТ-1, КСО-2; емкостью 0,01 мкф — КЛС, БМ, МБМ или  $2 \times 6800$  пф типа КДС, соединенные параллельно. Электролитические конденсаторы — ЭМ. Конденсатор  $C_{11}$  должен иметь номинальное напряжение 10—12 в. Номинальное напряжение остальных может быть значительно ниже: 4—6 в.

Переменный резистор с выключателем батареи питания от слухового аппарата или от любого промышленного карманного приемника, например «Сокол», «Селга», «Нева» и др. Его можно заменить и миниатюрным СПО, но в этом случае придется самостоятельно сделать выключатель батареи.

Постоянные резисторы — УЛМ или МЛТ. Два высокочастотных транзистора типа П401, П402, П403, П403А с коэффициентами усиления по току 15—35 и два низкочастотных — П13, П14, П15, П16 с любым буквенным индексом. Диод для детектора любой из точечных серий Д1, Д2 или Д9, например Д1А, Д2Е, Д9В и др. Футляр завода «Чистые соли». Он имеется в широкой продаже. В качестве громкоговорителя можно использовать самодельные, изготовленные на основе капсулей ДЭМШ-1, ДЭМШ-1а, ТМ-1 и ТМ-2А, или готовый — ДЭМ-4м. Правда, в последнем случае габариты приемника несколько увеличатся. Самодельными являются и контурные катушки  $L_1$ ,  $L_2$  магнитной антенны и  $L_3$ ,  $L_4$  высокочастотного трансформатора. Антенная катушка  $L_1$

должна содержать 65 витков, а связи  $L_2$  — 6—8 витков провода ПЭЛ, ПЭВ или ПЭЛШО 0,2—0,3. Если есть возможность, то первую катушку желательно намотать специальным высокочастотным проводом марки ЛЭ или ЛЭШО (литцендрат). Намотку производят в один ряд виток к витку непосредственно на ферритовом стержне, отступив от края на 25 мм. Катушки  $L_3$ ,  $L_4$  наматывают внавал на ферритовом кольце проводом ПЭЛ или ПЭВ 0,08—0,1. Первая должна содержать 70—80 витков, а вторая 150—180 витков. Наматывать их можно либо с помощью специального челнока, либо от руки, разломив кольцо на две части. После намотки отдельные части кольца склеивают клеем БФ-2.

**Конструкция.** Конструктивно приемник оформлен в виде двух составных частей: монтажной платы и футляра. На плате в одной плоскости размещены все детали приемника (рис. 3), кроме громкоговорителя, который закреплен на верхней крышке футляра. Соединяется громкоговоритель со схемой с помощью специальных пружинных контактов, изготовленных из тонкой фосфористой бронзы и установленных на монтажной плате приемника. Подключение батареи питания осуществляется посредством контактной колодки, позволяющей соблюдать нужную полярность («+») и («-»). Колодку используют от старой батареи типа «Крона».

Конденсатор настройки имеет диск с накаткой и шкалой с делениями, позволяющий быстро отыскать нужную станцию. Под диск настройки и ручку регулятора громкости в готовом футляре делают специальные прорезы.

**Монтаж.** Монтаж приемника выполнен печатным способом на фольгированном гетинаксе путем травления в водном растворе хлорного железа. Все нужные соединения между выводами отдельных деталей расположены с одной

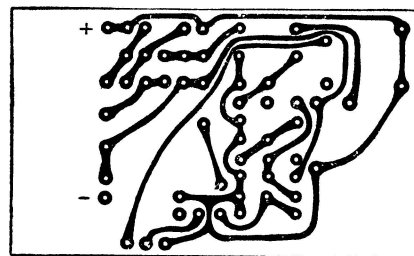


Рис. 4.

(нижней) стороны монтажной платы (рис. 4). Если любитель не располагает нужным материалом и химикалиями, то монтажные соединения можно выполнить и с помощью обычного медного провода диаметром 0,4—0,5 мм без изоляции и пустотелых пистонов, закрепленных в соответствующих отверстиях платы. Чтобы отдельные проводники не перемещались и не вызвали замыкания каких-либо цепей схемы, их нужно приклеить к плате клеем БФ-2 или нитролаком.

При распайке выводов деталей, особенно транзисторов, диода и электролитических конденсаторов, необходимо пользоваться теплоотводом (пинцет или круглогубцы), так как из-за перегрева они могут выйти из строя. Монтаж приемника можно сразу делать на основной монтажной плате, но лучше сначала сделать рабочий макет. На нем гораздо проще произвести нужную наладку.

**Налаживание.** Выполненный монтаж тщательно проверяют по принципиальной схеме и с помощью миллиамперметра постоянного тока и подбора сопротивлений  $R_2$  и  $R_9$  устанавливают ориентировочные режимы работы транзисторов  $T_2$  и  $T_4$ . Прибор включают в разрыв соответствующих коллекторных цепей в местах, обозначенных на схеме крестиками. Делать это следует лишь при отсутствии самовозбуждения, основной причиной возникновения которого может быть электрическая паразитная взаимосвязь между катушками магнитной антенны и высокочастотного трансформатора. Если эта неполадка имеет место, то необходимо экспериментально подобрать расстояние и взаимное расположение этих деталей. В целом ряде случаев поворот кольца с катушками  $L_3$ ,  $L_4$  на некоторый угол вокруг своей оси позволяет устранить паразитную генерацию. После проделанных операций настраиваются на какую-либо радиостанцию и при желании уточняют ранее выбранные режимы работы транзисторов, добиваясь наибольшей громкости воспроизведения радиопрограммы, но и учитывая ток потребления выходного каскада, который не должен превышать 10—12 мА. Правда, он может быть и значительно

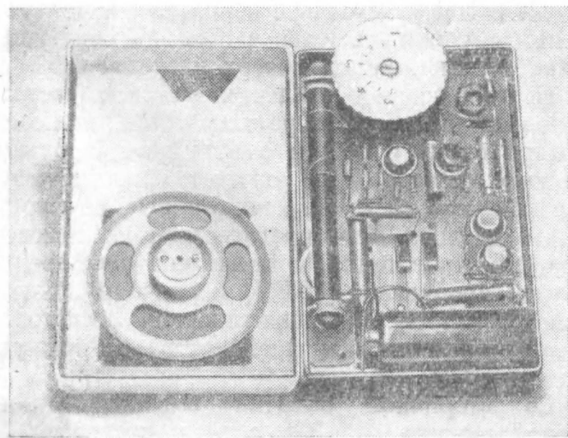


Рис. 3.

большим, но это энергетически не выгодно, так как будет быстро расходоваться запас электро-энергии батареи. Заключительным этапом наладки является установление пределов диапазона. Подогнать диапазон в нужные границы можно подбором количества витков контурной катушки  $L_1$ .

**Общие замечания.** Если в районе эксплуатации приемника станции слышны с большой громкостью, то вместо электромагнитного громкоговорителя с высокоомной катушкой можно применить электродинамический с низкоомной, например распространенный 0,1 ГД-6. Включать его в схему следует через согласующий трансформатор от какого-либо промышленного карманного приемника. Сделать трансформатор можно и

самостоятельно на пармалловом сердечнике сечением  $0,4—0,5 \text{ см}^2$ , набранном из пластин Ш-3, Ш-4. Первичная обмотка должна содержать 400—500 витков провода ПЭЛ или ПЭВ  $0,08—0,1$ , а вторичная 100—120 витков провода тех же марок диаметром  $0,2—0,27 \text{ мм}$ . У вторичной обмотки следует сделать несколько отводов через каждые 8—10 витков, которые позволят произвести лучшее согласование сопротивлений катушки громкоговорителя и выходного каскада.

При желании приспособить приемник для работы на длинноволновом диапазоне следует перемотать лишь катушки  $L_1$ ,  $L_2$  магнитной антенны МА. Первая должна содержать 200—220 витков, а вторая 12—15 витков провода ПЭЛ, ПЭВ или ПЭЛШО  $0,1—0,15$ .

## КАРМАННЫЙ РАДИОПРИЕМНИК В. В. ПЛОТНИКОВА <sup>1</sup>

*Предлагаемая конструкция транзисторного карманного приемника представляет собой дальнейшую модификацию предыдущих приемников автора, отмеченных на Всесоюзных радиовыставках и получивших широкую известность.*

*При сравнительно небольшом количестве деталей в этом приемнике обеспечена устойчивая стабилизация режимов, позволяющая использовать транзисторы с большим разбросом параметров по усилению.*

*Приемник обладает достаточно высокой чувствительностью и выходной мощностью.*

*Практически приемник почти не требует наладки.*

*Данная конструкция является новой и ее описание публикуется впервые.*

**Краткая характеристика.** Приемник собран по схеме прямого усиления 2-V-3 на пяти тран-

зисторах. При работе на внутреннюю магнитную антенну приемник обеспечивает громкоговорящий прием местных станций, работающих в диапазоне волн 400—1 800 м. Выходная мощность приемника около 100 мвт.

Питание приемника осуществляется от батареи напряжением 4,5 в. В режиме молчания приемник потребляет ток 5—7 ма, а при максимальной громкости до 30—35 ма. Приемник имеет наружные размеры  $110 \times 68 \times 32 \text{ мм}$ . Внешний вид его показан на рис. 1.

**Принципиальная схема.** Принципиальная схема приемника приведена на рис. 2.

Входной колебательный контур состоит из катушки магнитной антенны  $L_1$ , размещенной на ферритовом стержне, и конденсатора переменной емкости  $C_1$  (25—150 пф), с помощью которого производится плавная настройка приемника. Входной контур связан с первым каскадом усиления высокой частоты с помощью катушки связи  $L_2$ , намотанной поверх катушки  $L_1$ .

Первый каскад усиления высокой частоты выполнен на транзисторе типа П401, включенном по схеме с общим эмиттером. Нагрузкой первого каскада УВЧ служит трансформатор высокой частоты  $L_3—L_4$ , намотанный на ферритовом кольце. Для предотвращения самовозбуждения приемника, а также для расширения полосы пропускания УВЧ, первичная обмотка трансформатора  $L_3$  зашунтирована резистором  $R_1$ . Смещение на базу транзистора  $T_1$  подается с делителя  $R_3—R_5$ .

Со вторичной обмотки высокочастотного трансформатора  $L_4$  ВЧ сигнал поступает на базу транзистора  $T_2$ , который используется во втором каскаде усиления высокой частоты, пер-

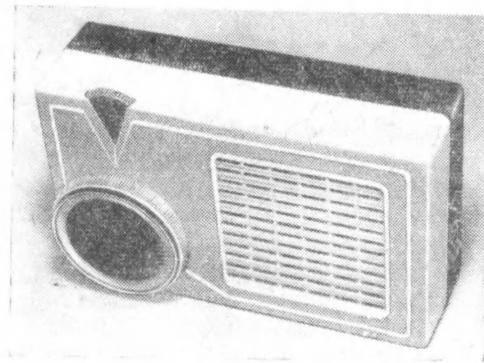


Рис. 1. Внешний вид приемника.

<sup>1</sup> Написано В. В. Плотниковым для Хрестоматии.

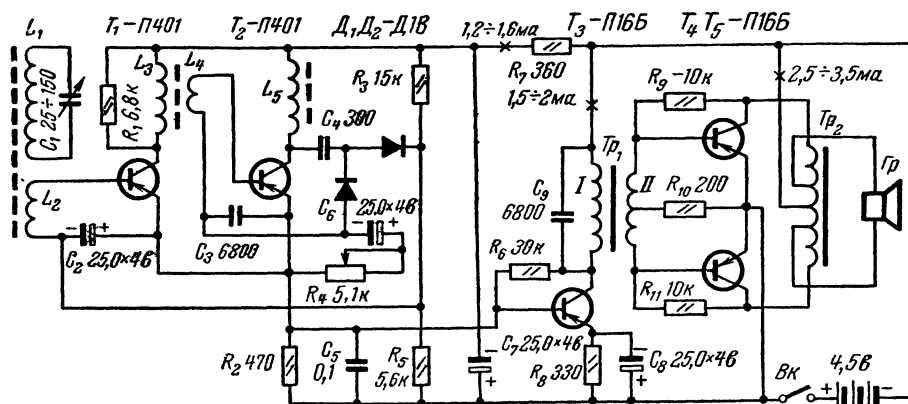


Рис. 2. Принципиальная схема.

вом каскаде усиления низкой частоты, а также для усиления сигнала АРУ. Нагрузкой транзистора  $T_2$  по высокой частоте служит дроссель  $L_5$ . ВЧ сигнал с коллектора транзистора  $T_2$  через конденсатор  $C_4$  поступает на вход диодного детектора, собранного по схеме удвоения напряжения на диодах  $D_1$  и  $D_2$  типа Д1В.

Выход диодного детектора через вторичную обмотку ВЧ трансформатора  $L_4$  соединен с базой транзистора  $T_2$ . Таким образом, продетектированный сигнал снова усиливается транзистором  $T_2$ . Нагрузкой транзистора  $T_2$  по низкой частоте служит резистор  $R_2$ . По низкой частоте транзистор  $T_2$ , так же как и по высокой, включен по схеме с общим эмиттером. Как в первом, так и во втором случаях входной сигнал подается между точками эмиттер — база.

Смещение на транзистор  $T_2$  подается с общего делителя  $R_3R_5$  через диоды  $D_1$  и  $D_2$ . Через диоды при этом проходит небольшой прямой ток, который улучшает работу диодного детектора. Для регулировки громкости используется переменный резистор  $R_4$ , который шунтирует выход детектора по низкой частоте. Конденсатор  $C_6$  — разделительный. Постоянная составляющая продетектированного сигнала используется для автоматической регулировки усиления приемника. В приемнике применена усиленная система АРУ. Постоянная составляющая тока детектора через вторичную обмотку  $L_4$  ВЧ трансформатора поступает на базу транзистора  $T_2$  и усиливается им. Усиленный сигнал АРУ выделяется на резисторе  $R_2$ . При возрастании напряжения АРУ коллекторный ток транзистора  $T_1$  уменьшается почти до нуля и усиление этого транзистора уменьшается. Эффективность данной системы АРУ, несмотря на ее простоту, достаточно высока: при изменении входного сигнала в 100 раз напряжение на выходе приемника меняется не более чем в 2—3 ра-

за. Для правильной работы системы АРУ необходимо, чтобы при отсутствии сигнала на входе приемника коллекторные токи транзисторов  $T_1$  и  $T_2$  были примерно равны либо коллекторный ток транзистора  $T_2$  был больше коллекторного тока транзистора  $T_1$ . Это условие выполняется при применении транзистора  $T_2$  с  $\beta$  большим, чем у транзистора  $T_1$ .

Второй каскад усиления низкой частоты выполнен на транзисторе  $T_3$  типа П13А по трансформаторной схеме. База транзистора  $T_3$  непосредственно соединена с резистором  $R_2$ , а рабочая точка этого транзистора устанавливается с помощью резистора  $R_8$ , включенного в цепь эмиттера. Для устранения отрицательной обратной связи по переменному току резистор  $R_8$  зашунтирован электролитическим конденсатором  $C_8$ . Конденсаторы  $C_5$  и  $C_9$  шунтируют соответственно вход и выход второго каскада УНЧ по высокой частоте. С помощью резистора  $R_6$  создается отрицательная обратная связь по напряжению, стабилизирующая коэффициент усиления и уменьшающая выходное сопротивление этого каскада. Последнее необходимо для уменьшения нелинейных искажений, возникающих в выходном каскаде при больших амплитудах коллекторных токов.

Выходной каскад собран по двухтактной схеме, работающей в режиме АВ, на транзисторах  $T_4$  и  $T_5$  типа П13А. Рабочая точка транзисторов выходного каскада устанавливается с помощью делителя напряжения, состоящего из резисторов  $R_9$ ,  $R_{10}$  и  $R_{11}$ . Нагрузкой выходного каскада служит малогабаритный динамический громкоговоритель типа 0,1ГД-6, который подключается через согласующий автотрансформатор  $Tr_2$ . Для устранения обратной связи через источник питания первые два каскада питаются через развязывающий фильтр  $R_7C_7$ .

**Конструкция и детали.** Приемник заключен в пластмассовый футляр размерами  $110 \times 68 \times 32$  мм.

Все детали приемника, за исключением громкоговорителя, магнитной антенны и конденсатора настройки, размещены на плате из фольгированного гетинакса размером  $108 \times 61$  мм. Монтаж выполнен печатным способом. Громкоговоритель и монтажная плата укреплены на передней стенке футляра с помощью пластмассовых бобышек с резьбой, приклеенных к ней, и двухмиллиметровых болтов. Конденсатор переменной емкости своим основанием вклеен в отверстие на передней стенке корпуса приемника. На ротор конденсатора приклеено кольцо из пластмассы, закрытое сверху пластмассовым диском. Для увеличения срока службы трущиеся поверхности конденсатора слегка смазываются машинным маслом. Магнитная антенна расположена под печатной платой со стороны батареи питания. Батарея состоит из трех элементов ФБС-0,25, заключенных в пластмассовый футляр (можно использовать круглый футляр от зубной щетки). Батарея питания укреплена на монтажной плате с помощью двух пружинящих контактов из фосфористой бронзы. Вид на плату со стороны монтажных соединений показан на рис. 3.

На рис. 4 показано расположение деталей приемника на монтажной плате.

В приемнике применены малогабаритные детали. Постоянные резисторы типа УЛМ. Конденсаторы  $C_2$ ,  $C_6$ ,  $C_7$  и  $C_8$  — электролитические типа ЭМ,  $C_3$  и  $C_9$  — типа КДС,  $C_4$  — типа КТМ,  $C_5$  — типа МБМ.

В качестве конденсатора настройки используется керамический конденсатор типа КПК-2 емкостью  $25\text{--}150$  пф. Регулятор громкости, объединенный с выключателем питания, — от слухового аппарата. В приемнике могут быть использованы транзисторы типа П401 ( $T_1$  и  $T_2$ ) и П13А ( $T_3$ ,  $T_4$  и  $T_5$ ) с коэффициентом усиления по току  $\beta = 30 \div 120$ .

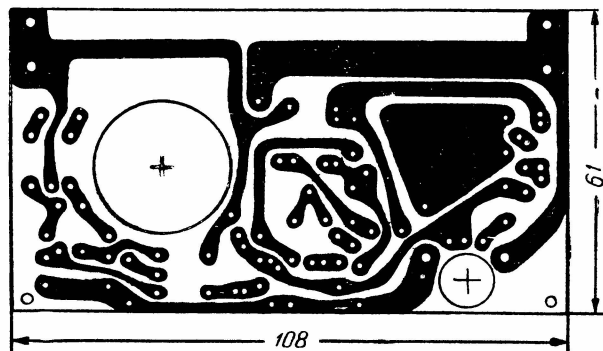


Рис. 3. Печатная плата.

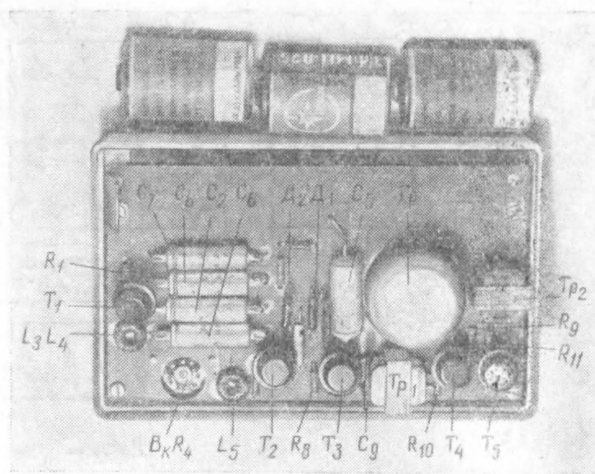


Рис. 4. Вид со стороны монтажа.

Самодельными деталями, использованными в приемнике, являются магнитная антенна, ВЧ трансформатор, ВЧ дроссель, а также согласующий трансформатор НЧ  $Tr_1$  и выходной автотрансформатор  $Tr_2$ .

Магнитная антенна представляет собой ферритовый стержень марки 600НН диаметром 8 и длиной 105 мм, на котором располагается контурная катушка  $L_1$ , содержащая 220—260 витков провода ПЭШО 0,12, и катушка связи  $L_2$ , содержащая от 3 до 10 витков того же провода. Точное число витков катушек  $L_1$  и  $L_2$  подбирается при налаживании приемника. Катушка  $L_1$  наматывается виток к витку, отступая на 1,5—2 см от конца ферритового стержня, катушка  $L_2$  располагается поверх катушки  $L_1$ .

ВЧ трансформатор  $L_3\text{--}L_4$  выполняется на ферритовом кольце марки 1000НМ внешним диаметром 7 мм. Первичная обмотка этого трансформатора  $L_3$  содержит 150 витков провода ПЭВ 0,1, а вторичная  $L_4$  — 25 витков провода ПЭШО 0,12. Витки обмоток  $L_3$  и  $L_4$  равномерно располагаются по всей окружности ферритового кольца.

ВЧ дроссель  $L_5$  намотан на таком же ферритовом кольце и содержит 300 витков провода ПЭВ 0,1. Крепятся ВЧ трансформатор и дроссель к плате с помощью нитроклея.

Согласующий трансформатор  $Tr_1$  выполнен на сердечнике из пермаллоевых пластин ШЗ, толщина набора 6 мм. Первичная обмотка этого трансформатора содержит 1 600 витков провода ПЭВ 0,06, а вторичная  $2 \times 500$  витков того же провода.

Выходной автотрансформатор также выполнен на сердечнике ШЗ  $\times 6$  мм. Обмотка громкоговорителя содержит  $2 \times 50$  витков провода ПЭЛ 0,25. Последовательно с обмоткой громкоговори-



теля включены две полуобмотки, содержащие по 200 витков провода ПЭЛ 0,13.

В приемнике применен динамический громкоговоритель типа 0,1 ГД-6 с сопротивлением звуковой катушки 10 ом.

**Сборка и налаживание приемника.** После того как изготовлены, подобраны и тщательно проверены все необходимые детали, можно приступить к сборке приемника. Сборку приемника следует начинать с выходного каскада. Транзисторы, используемые в выходном каскаде, желательно подобрать с возможно более близкими параметрами. После сборки выходного каскада и установки трансформатора  $Tr_1$  проверяют с помощью миллиамперметра и батареи питания ток, потребляемый выходным каскадом. Величина этого тока должна быть равной 2,5—3,5 ма и может быть установлена в заданных пределах подбором сопротивления резистора  $R_{10}$ .

Предоконечный каскад усиления низкой частоты никакой наладки не требует, а для правильной работы ВЧ каскадов приемника и

системы АРУ, транзистор  $T_2$  следует брать с коэффициентом усиления  $\beta$  большим, чем у  $T_1$ .

Дальнейшая настройка приемника сводится к подбору числа витков катушек магнитной антенны  $L_1$  и  $L_2$ . Необходимое число витков катушки  $L_1$  выбирают таким, чтобы при максимальной емкости переменного конденсатора приемник был настроен на самую длинноволновую станцию (для москвичей это будет радиостанция «Маяк», работающая на волне 1734 м).

Число витков катушки  $L_2$  (3—10 витков) подбирается таким, чтобы приемник устойчиво работал во всем диапазоне принимаемых волн. В случае самовозбуждения приемника следует уменьшить число витков катушки  $L_2$ , а также попробовать поменять местами концы катушки  $L_4$  ВЧ трансформатора. Самовозбуждение приемника также может быть вызвано потерей емкости электролитических конденсаторов  $C_2$  и  $C_7$ . В этом случае необходимо заменить конденсаторы  $C_2$  и  $C_7$  новыми.

## КАК РАБОТАЕТ СУПЕРГЕТЕРОДИН<sup>1</sup>

В приемнике прямого усиления возможность усиления колебаний высокой частоты ограничена из-за опасности возникновения паразитных колебаний (самовозбуждения), особенно в диапазоне коротких волн.

Кроме того, необходимость перестройки всех контуров при переходе от одной станции к другой очень усложняет усилитель высокой частоты. Обе эти трудности могут быть устранены одним и тем же методом — преобразованием принимаемых колебаний любой частоты в колебания одной и той же фиксированной частоты.

Такой метод применен в супергетеродинных приемниках. Фиксированная частота, которая получается в супергетеродине, называется обычно *промежуточной частотой* (пишут сокращенно: ПЧ).

Принцип преобразования колебаний принимаемой частоты в колебания промежуточной частоты состоит в следующем.

Если взять два колебания различной частоты и сложить их, то в результате получаются так называемые биения. Графически этот процесс изображен на рис. 1. Кривые А и Б соответствуют двум гармоническим колебаниям разной частоты, а кривая В изображает биения, полученные в результате сложения этих двух колебаний А и Б.

У кривой В легко заметить период биений, который на рисунке отмечен буквами Т. Видно,

что период этих биений больше, чем период каждого из слагаемых колебаний и, следовательно, частота биений меньше, чем частота каждого из слагаемых колебаний.

Частота биений равна разности частот двух слагаемых колебаний. Чем больше разность между этими частотами, тем больше частота биений.

Так, если мы возьмем колебания с частотами 1 000 кгц (волна 300 м) и 1 465 кгц (волна 205 м), то биения, полученные в результате сложения этих колебаний, будут иметь частоту 465 кгц ( $1\,465 - 1\,000 = 465$ ), что соответствует волне 652 м.

Однако хотя полученные биения и имеют период, соответствующий промежуточной частоте, они не представляют собой гармонических

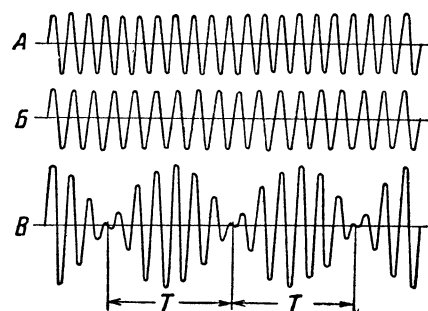


Рис. 1. При сложении двух колебаний с разными частотами получаются биения.

<sup>1</sup> По разным источникам.



колебаний ПЧ. Чтобы получить эти колебания, нужно биения продетектировать. Так же как из модулированных колебаний при детектировании выделяются колебания с частотой модуляции, из биений при детектировании выделяются колебания разностной частоты (равной разности двух слагаемых частот). Этот метод преобразования частоты называют *методом смещения* или *методом гетеродинамирования*.

Как же осуществить этот метод при приеме радиостанций?

Пусть кривая *A* (рис. 1) изображает колебания, приходящие от передающей станции. Создадим в приемнике вспомогательные колебания высокой частоты (кривая *B* на рис. 1) при помощи гетеродина (генератора с электронной лампой — см. стр. 49) и подберем их частоту так, чтобы разность частот колебаний *A* и *B* составляла, например, 465 кГц. Сложим полученные колебания и пропустим их через детекторную лампу. Тогда в контуре, включенном в анодную цепь лампы и настроенном на разностную частоту, мы получим колебания разностной частоты 465 кГц. Эти колебания усиливают с помощью усилителя высокой частоты, который в этом случае называется *усилителем промежуточной частоты* (УПЧ).

Для преобразования частоты может служить схема, изображенная на рис. 2. Приходящие колебания улавливаются приемной антенной и через катушку  $L_1$  попадают на сетку лампы смесителя. В катушке  $L_c$  на них накладываются колебания вспомогательной частоты от катушки гетеродина  $L_r$ . Контур  $L_2C_2$  в анодной цепи лампы смесителя настроен на разностную частоту. Полученные в результате детектирования колебания разностной частоты направляются из этого контура для дальнейшего усиления в усилитель промежуточной частоты.

В современных супергетеродинах возбуждение вспомогательных колебаний и детектирование биений на длинных, средних и коротких волнах обычно выполняет комбинированная лампа — триод-гептод или триод-гексод. Схема преобразователя частоты с триод-гептодом 6И1П

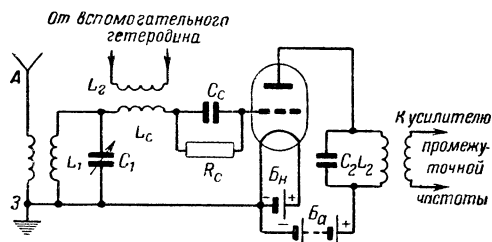


Рис. 2. Упрощенная схема преобразователя частоты супергетеродина.

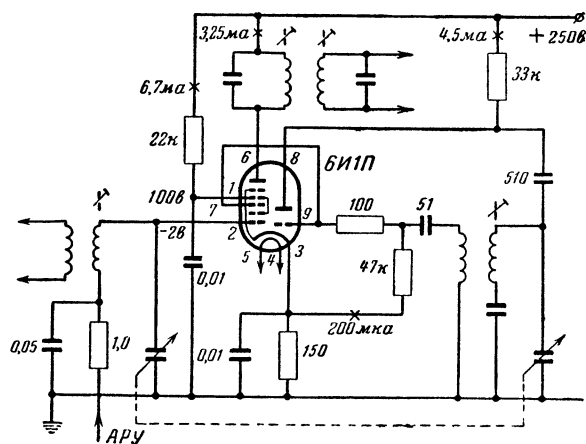


Рис. 3. Схема преобразователя частоты с триод-геп-  
тодом.

приведена на рис. 3. Триодная часть лампы работает в гетеродине (обычно он выполняется по схеме с индуктивной связью, подобной изображенной на рис. 2 на стр. 49). В гептодной части лампы колебания принимаемой частоты смешиваются с колебаниями частоты гетеродина, и из полученных биений выделяются колебания разностной, промежуточной частоты. Для этого колебания принимаемой частоты подают на первую сетку гептода, а колебания от гетеродина — на третью сетку этой же лампы.

Колебательный контур в цепи анода гептодной части лампы, настроенный на промежуточную частоту, выделяет колебания этой частоты. Дальше эти колебания подаются на усилитель промежуточной частоты.

Применение комбинированной лампы упрощает конструкцию супергетеродина тем, что сокращает число ламп.

При приеме модулированных колебаний, поскольку колебания гетеродина имеют постоянную амплитуду, биения, а также колебания промежуточной частоты промодулированы так же, как и приходящие колебания. Колебания промежуточной частоты после усиления подводят ко второму детектору, и полученные после него колебания низкой частоты направляются в телефон или усилитель низкой частоты.

Усилитель промежуточной частоты содержит один, а иногда и два каскада резонансного усиления, обычно на трансформаторах. Как правило, настраивается не одна, а обе обмотки трансформаторов, чем достигается более выгодная в отношении избирательности форма резонансных кривых. Такие трансформаторы с обеими настроенными обмотками получили название *полосовых фильтров*.

Все фильтры при помощи подстроечных конденсаторов или магнитных сердечников раз-

навсегда настраивают на промежуточную частоту, чтобы весь усилитель промежуточной частоты давал достаточное усиление и возможно большую избирательность.

Частота колебаний гетеродина может изменяться в нужных пределах, и всякий раз она подбирается так, чтобы вместе с проходящими колебаниями получалась одна и та же фиксированная промежуточная частота. Таким образом, при настройке супергетеродина частота усиливаемых колебаний «подгоняется» под постоянную настройку резонансного усилителя промежуточной частоты. В этом заключается одно из важнейших преимуществ супергетеродина, так как вместо настройки многих междупламповых контуров приходится настраивать только контур гетеродина, входной контур приемника и контур каскада УВЧ (если последний имеется), т. е. настройка очень упрощается.

Для того чтобы получить фиксированную промежуточную частоту при любой волне, лежащей в диапазоне приемника, очевидно, нужно, чтобы диапазон гетеродина был сдвинут по отношению к диапазону входного контура приемника на частоту, равную промежуточной частоте.

Промежуточная частота выбирается обычно около 465 кГц (реже 110 кГц), и на эту величину диапазон гетеродина должен отличаться от диапазона входного контура приемника.

Колебания промежуточной частоты детектируются диодом и в результате получают колебания низкой частоты.

Резонансное усиление промежуточной частоты само по себе обеспечивает большую чувствительность и избирательность супергетеродина, а преобразование частоты проходящих колебаний еще более повышает его избирательность, потому что близко лежащие волны принимаемой и мешающей станций после преобразования частоты «раздвигаются». Поясним на примере, как это происходит.

Пусть промежуточная частота равна 465 кГц, частота принимаемой станции 1 000 кГц, а ча-

стота мешающей станции 1 010 кГц, т. е. принимаемая и мешающая станции различаются по частоте на 1%.

Чтобы получить в данном случае промежуточную частоту 465 кГц, нужно настроить гетеродин на частоту 1 465 кГц. Тогда мешающая станция даст колебания промежуточной частоты 455 кГц, так как  $1\,465 - 1\,010 = 455$ .

Теперь сигналы мешающей станции отличаются по частоте от сигналов принимаемой станции уже больше чем на 2%. Благодаря преобразованию частоты волны принимаемой и мешающей станции «разошлись», относительная расстройка увеличилась и отстройка от мешающей станции облегчилась.

Однако, повышая общую избирательность приемника, преобразование частоты открывает возможность проникновения сигналов мешающей станции, если эта станция работает на некоторой «опасной» частоте.

Дело в том, что одна и та же промежуточная частота получается, если частота проходящих сигналов на нужную величину больше или меньше частоты гетеродина. Поясним это на том же числовом примере, который рассмотрен выше.

Если гетеродин настроен на частоту 1 465 кГц, а промежуточная частота 465 кГц, то колебания нужной промежуточной частоты получатся как от станции, работающей на частоте 1 000 кГц, так и от станции, работающей на частоте 1 930 кГц. В обоих случаях разность частот составляет 465 кГц.

Однако при приеме станции, работающей на частоте 1 000 кГц, на эту же частоту настраивается входной контур приемника, и поэтому сигналы мешающей станции, работающей на частоте 1 930 кГц, будут значительно слабее сигналов принимаемой станции. Супергетеродинный приемник, обладая вообще большой избирательностью, по отношению к этой так называемой *зеркальной помехе* обладает низкой чувствительностью.

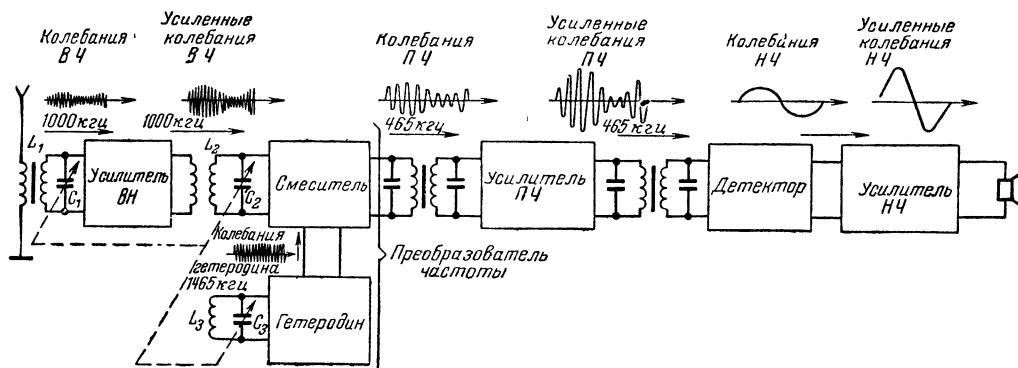


Рис. 4. Блок-схема супергетеродина.

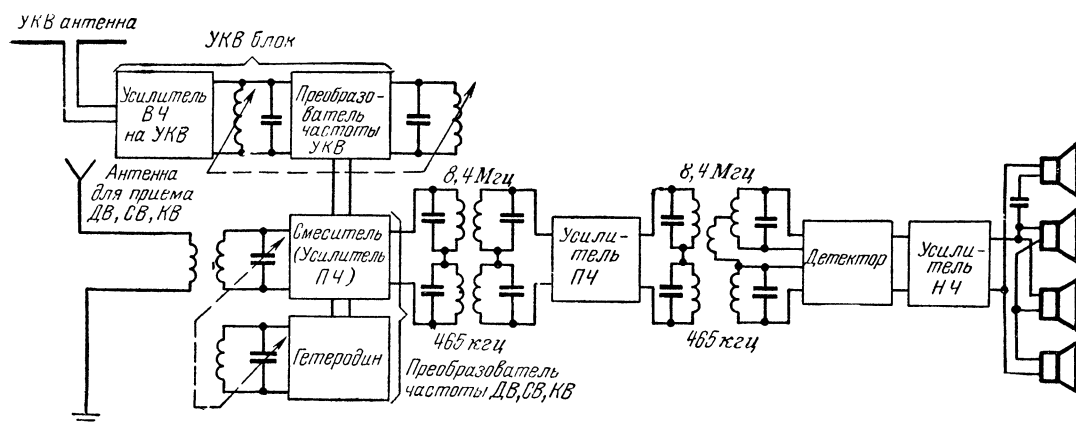


Рис. 5. Блок-схема современного супергетеродина с УКВ диапазоном.

Еще больше ослабить зеркальную помеху можно применением каскада усиления высокой частоты.

Типичная блок-схема супергетеродина имеет вид, изображенный на рис. 4.

В супергетеродине без усилителя высокой частоты необходимо настраивать на станцию два контура (входной и гетеродинный). В схеме же с усилением высокой частоты число настраиваемых контуров увеличивается до трех, так как прибавляется контур усилителя высокой частоты. Чтобы можно было осуществлять настройку одной ручкой, применяют сдвоенные и строенные конденсаторы переменной емкости.

Благодаря тому что даже при наличии усиления высокой частоты в супергетеродине имеются всего лишь три контура с переменной настройкой, упрощается задача перекрытия широкого диапазона волн.

Схема супергетеродина с УКВ диапазоном сложнее. В него добавляются каскад усиления высокой частоты и еще один преобразователь частоты, используемые только во время приема на УКВ. Они образуют так называемый УКВ блок приемника (рис. 5). В преобразователе обычно работает один из триодов двойного триода (например, 6Н3П); второй триод работает в усилителе высокой частоты. В

результате смещения колебаний принимаемой частоты с местными колебаниями получаются колебания с промежуточной частотой 8,4 МГц. Они поступают на первую сетку геттодной части триод-гептода. Эта лампа во время приема на УКВ работает как дополнительный каскад усиления промежуточной частоты, так как анодное питание гетеродина (триодной части триод-гептода) при этом выключается. В анодные цепи ламп, усиливающих колебания промежуточной частоты, включают дополнительно полосовые фильтры, настроенные на частоту 8,4 МГц. Низкочастотные колебания получают из колебаний промежуточной частоты с помощью *детектора отношений* (иначе он называется *дробный детектор*), в котором работают два диода. Один из этих диодов используется также для детектирования колебаний промежуточной частоты 465 кГц для приема радиовещательных программ на длинных, средних и коротких волнах.

Как видно из вышеизложенного, супергетеродины обладают большими преимуществами перед приемниками прямого усиления.

Общее усиление, которое может дать хороший супергетеродин, огромно.

Вот почему все современные высококачественные радиоприемники делают по супергетеродинной схеме.

## САМОДЕЛЬНЫЙ ЧЕТЫРЕХЛАМПОВЫЙ СУПЕРГЕТЕРОДИН <sup>1</sup>

Приемник, описание которого приводится ниже, позволяет вести прием радиовещательных станций в диапазонах длинных (420—150 кГц), средних (1600—520 кГц) и коротких (12,5—4 МГц) волн.

Принципиальная схема приемника приведена на рис. 1. Приемник состоит из: входной цепи с настраиваемым контуром; преобразователя частоты на триоде-гептоде  $L_1$ , триодная часть которого используется и в гетеродине, собранном по схеме с трансформаторной обратной

<sup>1</sup> Журнал «Радио», 1960, № 8.

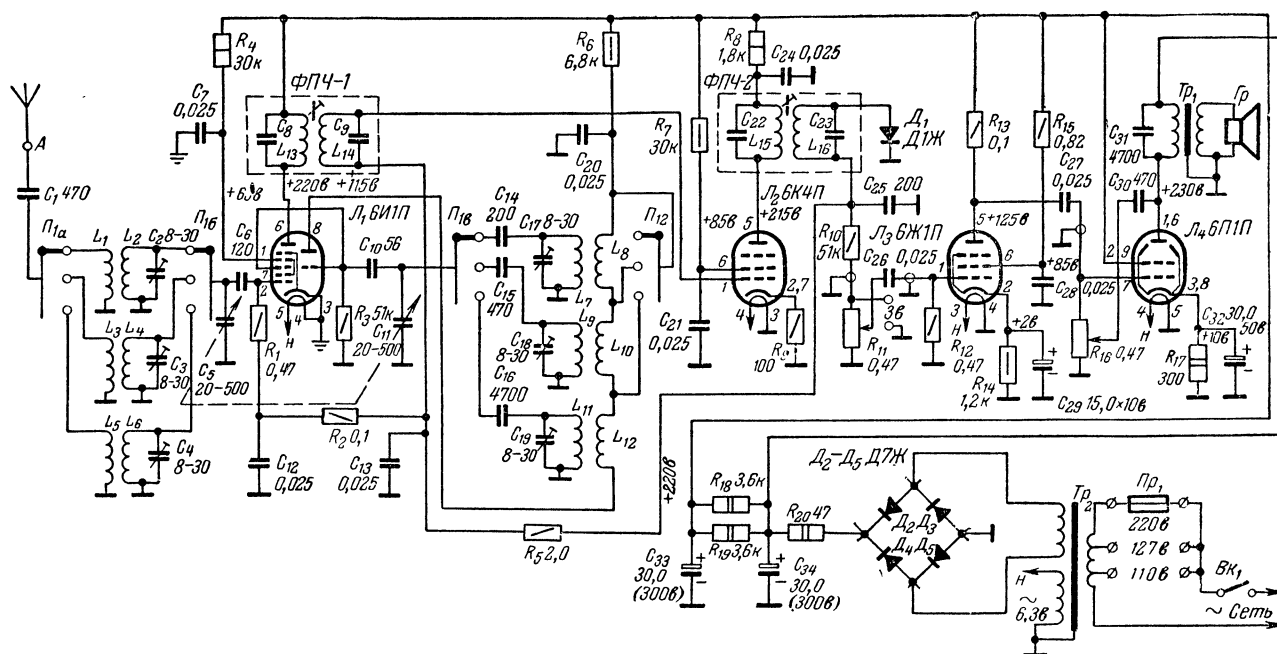


Рис. 1. Принципиальная схема супергетеродина.

связью; каскада усиления промежуточной частоты ПЧ ( $L_2$ ); детектора ( $D_1$ ) и двухкаскадного усилителя низкой частоты — НЧ ( $L_3, L_4$ ).

В зависимости от диапазона, в котором ведется прием, к первой сетке геттода подключается один из входных контуров, состоящий из контурной катушки ( $L_2, L_4$  или  $L_6$ ), подстроечного конденсатора ( $C_2, C_3$  или  $C_4$ ) и одной секции сдвоенного блока конденсаторов переменной емкости ( $C_5$ ), с помощью которого осуществляется плавная настройка входных контуров в пределах диапазона. Антенные катушки коммутируются (переключаются) контактами переключателя диапазонов  $\Pi_{1a}$ , а контурные катушки вместе с подстроечными конденсаторами — контактами  $\Pi_{16}$ .

Конденсатор  $C_6$  в цепи первой сетки геттода предотвращает замыкание напряжения АРУ через незначительное сопротивление контурной катушки ( $L_2, L_4$  или  $L_6$ ).

В цепь управляющей сетки триодной части лампы  $L_1$  включен колебательный контур гетеродина, состоящий из катушки индуктивности ( $L_7, L_9$  или  $L_{11}$ ), подстроечного конденсатора ( $C_{17}, C_{18}$  или  $C_{19}$ ), сопрягающего конденсатора ( $C_{14}, C_{15}$  или  $C_{16}$ ) и второй секции ( $C_{11}$ ) сдвоенного блока конденсаторов. Сопрягающие конденсаторы вместе с контурными катушками и подстроечными конденсаторами коммутируются контактами переключателя диапазонов  $\Pi_{1b}$ .

Все катушки обратной связи ( $L_8, L_{10}$  и  $L_{12}$ ) гетеродина соединены последовательно. На ко-

ротках волн с помощью контактов переключателя  $\Pi_{1r}$  замыкаются накоротко катушки длинных и средних волн; на средних волнах замыкается накоротко только длинноволновая катушка, а на длинных волнах работают все три катушки.

Величина переменного напряжения, развиваемого гетеродином, определяется сопротивлением резистора  $R_3$  и конденсатором  $C_{10}$  в цепи сетки триода, а также расстоянием между катушкой обратной связи и контурной катушкой. Напряжение на аноде гетеродина определяется сопротивлением резистора  $R_6$ .

Нагрузкой преобразовательного каскада является двухконтурный фильтр ПЧ на 465 кГц. С его второго контура напряжение подается на управляющую сетку лампы  $L_2$  усилителя ПЧ, нагрузкой которого также является двухконтурный фильтр ФПЧ-2.

С усилителя ПЧ напряжение подается на детектор, который выполнен на полупроводниковом диоде Д1Ж (можно применить любой точечный диод). С нагрузки детектора снимается напряжение АРУ (автоматическое регулирование усиления), которое через фильтр  $R_5C_{13}$  и катушку второго контура фильтра ФПЧ-1 подается в цепь сетки лампы  $L_2$  усилителя ПЧ и через фильтр  $R_2C_{12}$  — в цепь первой сетки геттодной части лампы  $L_1$ .

Напряжение низкой частоты с нагрузки детектора  $R_{11}$  подается на управляющую сетку лампы  $L_3$  усилителя НЧ. Потенциометром  $R_{11}$

осуществляется регулирование громкости. Применение в предварительном усилителе НЧ пентода позволяет получить значительное усиление, что особенно важно при воспроизведении грамзаписей. Следует заметить, что для упрощения переключателя диапазонов в нем нет отдельного положения «Звукосниматель», поэтому при проигрывании пластинок нужно настроить приемник на участок диапазона, где нет станций. Лучше, конечно, на задней стенке шасси установить тумблер и с его помощью разрывать цепь, идущую от детектора, или цепь питания ламп  $L_1$  и  $L_2$ .

Нагрузкой лампы  $L_3$  служит резистор  $R_{13}$ , с которого напряжение подается в цепь управляющей сетки выходной лампы  $L_4$ . Потенциометром  $R_{16}$  осуществляется регулирование тембра за счет изменения величины отрицательной обратной связи, которая подается с анода лампы выходного каскада через конденсатор  $C_{30}$  в цепь ее управляющей сетки. В анодную цепь выходного каскада через выходной трансформатор  $Tr_2$  включен динамический громкоговоритель 1ГД-9. Возможно также применение другого более современного громкоговорителя, например 1ГД18, 1ГД19, 1ГД28.

Питание приемника осуществляется от выпрямителя, собранного по мостовой схеме. Резистор  $R_{22}$  уменьшает ток через диоды в момент включения приемника в сеть, что также увеличивает срок их службы.

### ДЕТАЛИ И КОНСТРУКЦИЯ

Катушки высокочастотных контуров приемника намотаны на унифицированных каркасах от приемников (например, «Октава», «Байкал» и др.) и на ребристых каркасах от приемника

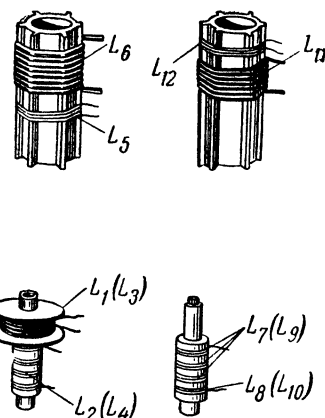


Рис. 2. Катушки супергетеродина.

«Балтика». Конструкции катушек высокочастотных контуров показаны на рис. 2, а ихмоточные данные приведены в табл. 1.

Фильтры ПЧ можно применить любые, настроенные на частоту 465 кГц.

Выходной трансформатор применен от радиоприемника «Заря». Этот трансформатор собран на «сердечнике» УШ 12×28; его первичная обмотка содержит 2 650 витков провода ПЭЛ 0,09, а вторичная — 103 витка провода ПЭЛ 0,44. Можно применить и выходные трансформаторы от приемников «Рекорд», «Стрела» и др., рассчитанные на громкоговорители с сопротивлением звуковой катушки около 6,5 ом (1ГД-5, 1ГД-6, 1ГД-7, 1ГД-8, 1ГД-9) и выходную лампу 6П1П.

Трансформатор питания от радиоприемника «Рекорд», причем обмотка накала кенотрона не используется и поэтому на схеме не показана. Можно использовать и трансформаторы питания

Таблица 1

Обозначение на схеме	Данные катушек на картонных каркасах		Данные катушек на унифицированных каркасах		Данные катушек в сердечниках СБ-12	
	Количество витков	Марка и диаметр провода	Количество витков	Марка и диаметр провода	Количество витков	Марка и диаметр провода
$L_1$	900	ПЭЛШО 0,1	1 150	ПЭЛШО 0,1	—	—
$L_2$	190 + 190	ПЭЛШО 0,1	135 × 4	ПЭЛШО 0,1	3 × 100	ПЭЛШО 0,1
$L_3$	220	ПЭЛШО 0,1	380	ПЭЛШО 0,1	—	—
$L_4$	50 + 50	ПЭЛШО 0,1	36 × 4	ПЭЛШО 0,1	3 × 33	ПЭЛШО 0,1
$L_5$	25	ПЭЛШО 0,1	20	ПЭЛШО 0,1	—	—
$L_6$	14	ПЭЛ 0,8	12	ПЭЛ 0,5	14	ПЭЛ 0,8
$L_7$	65 + 65	ПЭЛШО 0,1	55 × 3	ПЭЛШО 0,1	3 × 40	ПЭЛШО 0,1
$L_8$	40	ПЭЛШО 0,1	20	ПЭЛШО 0,1	45	ПЭЛШО 0,1
$L_9$	50 + 30	ПЭЛШО 0,1	32 × 3	ПЭЛШО 0,1	23 × 3	ПЭЛШО 0,1
$L_{10}$	20	ПЭЛШО 0,1	16	ПЭЛШО 0,1	30	ПЭЛШО 0,1
$L_{11}$	12	ПЭЛ 0,8	11	ПЭЛ 0,5	12	ПЭЛ 0,8
$L_{12}$	6	ПЭЛШО 0,1	8	ПЭЛШО 0,5	10	ПЭЛШО 0,1

от приемников «АРЗ-53», «Рекорд-59», «Байкал» и др.

Конструктивное выполнение приемника может быть различным и зависит от вкуса и возможностей радиолюбителя.

Приемник монтируется на шасси размерами  $300 \times 200 \times 60$  мм, изготовленном из дюралюминия или листовой стали толщиной 1—1,5 мм. Вверху шасси установлены: трансформатор питания  $Tr_2$ , блок конденсаторов переменной емкости  $C_5$  и  $C_{11}$ , выходной трансформатор  $Tr_1$ , фильтры промежуточной частоты ФПЧ-1, ФПЧ-2 и электролитические конденсаторы  $C_{33}$ ,  $C_{34}$ . Блок конденсаторов переменной емкости несколько приподнят над шасси и укреплен на стойках.

Переменные резисторы  $R_{11}$ ,  $R_{16}$  и переключатель диапазонов размещены под шасси на передней его панели. Контурные катушки и подстроечные конденсаторы смонтированы на отдельной гетинаксовой панели, которая крепится к шасси рядом с переключателем диапазонов. При монтаже приемника используют монтажные платы с лепестками, применение которых позволяет упорядочить монтаж.

## НАЛАЖИВАНИЕ

Налаживание приемника следует начинать с проверки правильности монтажа. Ошибки в монтаже, небрежное крепление деталей, плохо пропайные контакты вызывают трудно устранимые нарушения в работе приемника. Убедившись в правильности монтажа, следует проверить исправность выпрямителя.

Если выпрямитель исправлен, приемник можно включить в сеть, однако все лампы из приемника должны быть вынуты.

Затем следует проверить наличие напряжения на «анодных» лепестках ламп (при вынутых лампах напряжение между этими лепестками и шасси будет около 300 в). Сделать это можно с помощью лампового вольтметра или авометра с соответствующей шкалой (например, авометра Ц-20 или тестера ТТ-1). Порядок измерения постоянных напряжений в схеме приемника показан на рис. 3. Иногда применяется способ проверки «на искру», который состоит в следующем. Плюсующую обкладку конденсатора  $C_{33}$  каким-либо изолированным металлическим предметом замыкают на корпус сразу после выключения

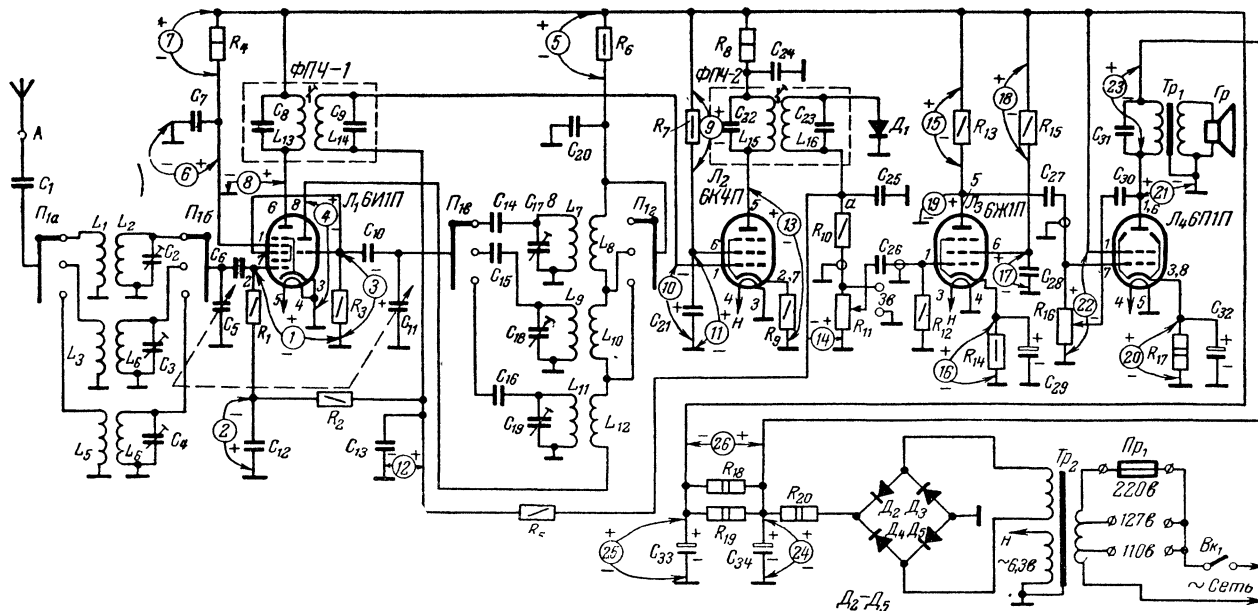


Рис. 3. Включение приборов для измерения постоянных напряжений в супергетеродине

1, 2 — на первой сетке гетродной части лампы 6И1П (ламповый вольтметр, шкала 0—10 в); 3 — на сетке триодной части лампы 6И1П (ламповый вольтметр, шкала 5—50 в); 4 — на аноде триодной части лампы 6И1П (вольтметр типа ТТ-1, П-20, шкала 200 в); 5 — на резисторе в аноде гетеродина лампы 6И1П (вольтметр типа ТТ-1, шкала 50—100 в); 6 — на экранирующей сетке лампы 6И1П (вольтметр типа ТТ-1, шкала 200 в); 7 — на резисторе в цепи экранирующей сетки лампы 6И1П (вольтметр типа ТТ-1, шкала 200 в); 8 — на аноде гетродной части лампы 6И1П (вольтметр типа ТТ-1, шкала 300 в); 9 — на резисторе в цепи экранирующей сетки лампы 6К4П (вольтметр типа ТТ-1, шкала 200 в); 10, 12 — на управляющей сетке лампы 6К4П (ламповый вольтметр, шкала 5—50 в); 11 — на экранирующей сетке лампы 6К4П (вольтметр типа ТТ-1, шкала 200 в); 13 — на аноде лампы 6К4П (вольтметр типа ТТ-1, шкала 300 в); 14 — АРУ (ламповый вольтметр, шкала 5—50 в); 15 — на резисторе анодной нагрузки лампы 6Ж1П (вольтметр типа ТТ-1, шкала 100—300 в); 16 — на катоде лампы 6Ж1П (вольтметр типа ТТ-1, шкала 10 в); 17 — на экранирующей сетке лампы 6Ж1П (вольтметр типа ТТ-1, шкала 200 в); 18 — на резисторе в цепи экранирующей сетки лампы 6Ж1П (вольтметр типа ТТ-1, шкала 200 в); 19 — на аноде лампы 6Ж1П (вольтметр типа ТТ-1, шкала 300 в); 20 — на катоде лампы 6П1П (вольтметр типа ТТ-1, шкала 50 в); 21 — на аноде лампы 6П1П (вольтметр типа ТТ-1, шкала 300 в); 22 — на экранирующей сетке лампы 6П1П (вольтметр типа ТТ-1, шкала 300 в); 23 — на первичной обмотке выходного трансформатора (вольтметр типа ТТ-1, шкала 50 в); 24 — на первом конденсаторе фильтра выпрямителя (вольтметр типа ТТ-1, шкала 300 в); 25 — на втором конденсаторе фильтра выпрямителя (вольтметр типа ТТ-1, шкала 300 в); 26 — на резисторе фильтра выпрямителя (вольтметр типа ТТ-1, шкала 300 в).

приемника из сети. Если выпрямитель исправен, то появится сильная искра; при этом будет снят остаточный заряд с конденсаторов  $C_{33}$  и  $C_{34}$ . Такую операцию при налаживании приемника следует повторять каждый раз после его выключения из сети, иначе остаточный заряд может вызвать довольно болезненный удар током.

При вынутых лампах трансформатор питания и резисторы  $R_{18}$ ,  $R_{19}$ ,  $R_{20}$  совершенно не должны нагреваться. Нагрев резисторов  $R_{18}$ ,  $R_{19}$  чаще всего свидетельствует о наличии утечки у конденсатора  $C_{33}$  или о пробое блокировочных конденсаторов. В последнем случае могут сильно нагреваться резисторы  $R_4$ ,  $R_6$  или  $R_8$ . При эксплуатации приемника резисторы  $R_{18}$ ,  $R_{19}$ ,  $R_{20}$  будут слегка нагреваться.

Работу оконечного каскада при вставленной его лампе можно проверить следующим образом: управляющую сетку лампы  $L_4$  соединить через конденсатор емкостью  $0,01 \text{ мкф}$  с незаземленным проводом накала; в этом случае в громкоговорителе будет слышен сильный фон с частотой  $50 \text{ гц}$ . После этого конденсатор нужно отключить и вставить в панельку лампу 6Ж1П ( $L_3$ ).

При исправном усилителе НЧ прикосновение рукой к выводу управляющей сетки лампы  $L_3$  вызовет в громкоговорителе сильный фон переменного тока. Этот фон создается напряжением переменного тока, поступающим на вход усилителя НЧ через емкость человеческого тела относительно проводов сети. После такого испытания желательно проверить соответствие режимов усилителя НЧ указанным на рис. 1. Они не должны отличаться более, чем на 20%.

Подбор наиболее приятного тембра звучания производится изменением емкости конденсаторов  $C_{30}$  и  $C_{31}$  при воспроизведении грамзаписи. При этом движок потенциометра  $R_{16}$  должен находиться в верхнем положении. Следует иметь в виду, что увеличение емкостей  $C_{30}$  и  $C_{31}$  приводит к ослаблению верхних частот и звук становится более «глухим». Если в приемнике при средней громкости заметны искажения, устранить их можно, несколько увеличив сопротивление резистора  $R_{15}$  в цепи экранирующей сетки лампы 6Ж1П. На этом налаживание усилителя НЧ заканчивают и переходят к настройке усилителя ПЧ.

Настроить усилитель ПЧ без применения приборов затруднительно, однако это можно сделать, воспользовавшись сигналами радиовещательных станций. При настройке желательно применять простой прибор, собранный на лампе 6Е1П по схеме на рис. 4. Резисторы  $R_2$ ,  $R_3$  и конденсатор  $C_1$  монтируют на свободных лепестках панельки индикатора. Так как управляющая сетка индикатора будет соединена с нагрузкой

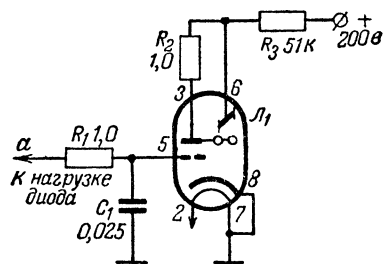


Рис. 4. Схема прибора для настройки усилителя ПЧ.

диода, увеличение напряжения на выходе усилителя ПЧ приведет к расширению светящегося сектора на экране лампы 6Е1П. Точность настройки при применении такого метода значительно возрастает по сравнению с настройкой «на слух». Так как при ненастроенном усилителе ПЧ сигнал на выходе приемника весьма слаб, прием лучше всего вести на наружную антенну. По мере подстройки контуров сигнал будет возрастать, и связь с антенной нужно ослаблять, уменьшая, например, емкость  $C_1$ .

Вывод конденсатора  $C_6$  отсоединяют от переключателя диапазонов и подсоединяют к наружной антенне на все время настройки усилителя ПЧ. В этом случае входные контуры оказываются отключенными, а входной сигнал из антенны через емкость  $C_6$  поступает на сетку лампы преобразователя частоты.

Следует иметь в виду, что перед настройкой усилителя ПЧ нужно убедиться в нормальной работе гетеродина. Для этого несколько раз замыкают накоротко резистор  $R_3$ . Эта операция должна сопровождаться резкими щелчками в громкоговорителе приемника. При отсутствии генерации следует переключить концы обмоток катушек обратной связи  $L_8$ ,  $L_{10}$  и  $L_{12}$ .

Подобрать режим гетеродина можно с помощью авометра или миллиамперметра со шкалой на  $1-3 \text{ ма}$ , подключив его минус к нижнему (по схеме) концу резистора  $R_3$ , предварительно отсоединенному от шасси. Плюс прибора соединяется с шасси приемника. Передвигая катушку обратной связи, включенную в цепь анода гетеродина, добиваются, чтобы ток через прибор составлял  $0,3-0,4 \text{ ма}$ . Прибор можно оставить включенным на все время настройки.

Методика настройки фильтров ПЧ на частоту, близкую к стандартной промежуточной частоте  $465 \text{ кгц}$ , может быть различной. Так, например, при отсутствии сигнал-генератора для настройки можно воспользоваться сигналом радиостанции, частота которой точно известна. Зная, какое деление шкалы приемника должно соответствовать этой частоте, подстройкой гетеродинного контура добиваются приема радиостанции в



нужном положении. Затем по наибольшей громкости подстраивают фильтры ПЧ.

Подобный способ несколько упрощается при применении вспомогательного заводского приемника. Сердечники фильтров ПЧ устанавливаются в среднее положение, затем, приняв на вспомогательный приемник какую-либо мощную станцию в начале диапазона ДВ или СВ, замечают, в каком месте шкалы она слышна. Если в настраиваемом приемнике эта радиостанция принимается ближе к началу диапазона (ротор переменного конденсатора выдвинут больше), то индуктивность катушки в колебательном контуре гетеродина соответствующего диапазона следует увеличить, сдвинув ее секции, ввернув глубже подстроечник броневое сердечника или доматав несколько витков (в зависимости от конструкции катушки). Если же прием будет наилучшим при более выдвинутом роторе, то нужно подстроечник несколько вывернуть или число витков несколько уменьшить. После того как радиостанция будет приниматься, при нужном положении ротора конденсатора переменной емкости подстраивают в любом порядке сердечники фильтров ПЧ, ориентируясь на максимальный сигнал на нагрузке детектора, т. е. на наибольший световой сектор лампы 6Е1П. После такой предварительной настройки более точно подстраивают фильтры ПЧ, начиная с последнего. При этом должна быть выключена АРУ (конденсатор  $C_{13}$  замкнут накоротко). Подстройку фильтров ПЧ нужно производить неметаллической отверткой. Для повышения точности настройки светлый сектор не должен полностью заполнять весь экран лампы 6Е1П, а если это случится, антенну нужно подключить не непосредственно к  $C_6$ , а последовательно с дополнительным конденсатором малой емкости.

После настройки сердечники фильтров ПЧ обычно ввернуты примерно на  $\frac{3}{4}$ . Если для настройки в резонанс сердечники контуров приходится слишком сильно выворачивать, то нужно увеличить емкость конденсатора переменной емкости. При этом слышимость несколько ухудшится. После этого нужно снова подстроить

фильтры ПЧ на максимальную громкость. Таким образом удастся настроить оба ФПЧ на частоту, близкую к стандартной промежуточной (465 кГц). Гетеродин на длинноволновом конце диапазона также будет настроен; остается только проверить сопряжение гетеродинных и входных контуров. Для этого нужно подключить антенну к гнезду А приемника, а конденсатор  $C_6$  — к переключателю диапазонов и подстраивать индуктивность входного контура до тех пор, пока выходной сигнал не будет наибольшим. При этом конденсатор переменной емкости должен быть в том же положении, что и при настройке усилителя ПЧ. Определить, в какую сторону следует менять индуктивность входного контура, можно, внося внутрь катушки карбонильный сердечник (ферритовый, альсиферовый, магнетитовый) или кусочек медного (алюминиевого) прутка.

Если сигнал на выходе возрастает при внесении металлического сердечника, то следует уменьшить индуктивность, раздвинув ее секции или смотав несколько витков. Если же сигнал возрастет при внесении магнитного сердечника, то индуктивность катушки следует увеличить.

После этого находят какую-либо станцию вблизи конца настраиваемого диапазона (ротор переменного конденсатора выдвинут и подстройку ведут конденсаторами  $C_{17}$ ,  $C_{18}$ ,  $C_3$ ,  $C_4$ . Затем подстраивают начало диапазона и снова конец. После ряда таких операций приемник на этом диапазоне окажется настроенным.

Несколько сложнее настроить приемник в диапазоне КВ, что связано с обилием станций. Выбор станций для настройки здесь зависит от места приема и времени суток. Изменять индуктивность катушек КВ диапазона лучше всего, сдвигая или раздвигая витки. Возникновение резких свистков при настройке указывает на ненормальный режим гетеродина, и нужно более тщательно подобрать обратную связь.

Электронно-световой индикатор 6Е1П, применявшийся для настройки приемника, можно использовать и при его эксплуатации, предусмотрев для индикатора держатель и отверстие в передней стенке ящика приемника.

## ЛИТЕРАТУРА

**В помощь радиолюбителям**, в. п. 12, изд. ДОСААФ, 1962.

В сборнике помещены следующие статьи: М. Балашов, И. Меробьян «Радиовещательный приемник второго класса из заводских деталей» Приемник сетевой четырехламповый (6И1П, 6К4П, 6Н2П, 6П14П) — супергетеродин, работающий в диапазонах длинных, средних и коротких волн; Н. Лобацевич, Н. Слезкина «Приемник прямого усиления» (выполнен по схеме 1-V-2 на лампах 6И1П, 6П14П), роль детектора выполняет полупроводниковый диод.

Одна из статей сборника «Самодельный громкоговоритель на базе капсуля ДЭМШ-1» А. Зеличенко содер-

жит подробное описание способа изготовления громкоговорителя из капсуля ДЭМШ-1.

Румянцев М. М., Карманный радиоприемник «Малыш», Госэнергоиздат, 1961 (Массовая радиобиблиотека).

Подробное описание простого по устройству самодельного малогабаритного приемника, в схеме которого используются транзисторы.

Приемник имеет плавную настройку и работает в диапазоне длинных и средних волн.

Кольцов Б. В. и Молоканов П. Л., Схемы, узлы и детали приемников на транзисторах, Госэнергоиздат, 1962 (Массовая радиобиблиотека).

Приводится обзор промышленных отечественных и зарубежных приемников на транзисторах. Рассматриваются также малогабаритные узлы, детали и источники питания, используемые в этих приемниках.

Р у м я н ц е в М. М., Сельские транзисторные приемники, Госэнергоиздат, 1962 (Массовая радиобиблиотека).

Подробное описание трех простых самодельных приемников на транзисторах: детекторного с транзисторным усилителем, приемника-радиоточки с четырьмя транзисторами и малогабаритного настольного приемника с двухтактным выходом, в схеме которого использовано пять транзисторов. Описываются самодельные детали.

С о б о л е в с к и й А. Г., Рассказ о радиоприемнике, Госэнергоиздат, 1962 (Массовая радиобиблиотека).

Это живо написанный и легко читающийся рассказ о том, как работает радиоприемник.

Доходчивые и веселые иллюстрации художника Д. П. Мощевитина помогают задаче, поставленной автором, просто и наглядно рассказать, как работает приемник.

Я к о в л е в В. В., Детали любительских приемников на транзисторах, Госэнергоиздат, 1962 (Массовая радиобиблиотека).

В брошюре рассмотрены различные варианты изготовления самодельных деталей для малогабаритных радиоприемников (конденсаторы переменной емкости, контурные катушки, трансформаторы и громкоговорители).

В п о м о щ ь р а д и о л ю б и т е л ю , вып. 14, изд. ДОСААФ, 1963.

В сборнике помещено описание карманных радиоприемников ЦС-2 и ЦС-3 А. Перелыгина.

В п о м о щ ь р а д и о л ю б и т е л ю , вып. 16, изд. ДОСААФ, 1963.

Сборник открывается описанием батарейного супергетеродина А. Алексеевой. Приемник — четырехламповый, предназначенный для работы в диапазонах длинных, средних и коротких волн. В схеме использованы лампы 1А1П, 1К1П, 1Б1П, 2П1П.

Г у м е л я Е. Б., Выбор схем транзисторных приемников, Госэнергоиздат, 1963 (Массовая радиобиблиотека) (намечено переиздание в 1966 г.).

Изложены основные вопросы выбора схем транзисторных приемников. Проводится аналогия расчетов ламповых и транзисторных приемников.

Л о к ш и н К. А., Транзисторный радиоприемник «Минск-62», Госэнергоиздат, 1963 (Массовая радиобиблиотека).

Описание одного из первых заводских транзисторных приемников с УКВ диапазоном, а также вопросов настройки и ремонта транзисторных приемников.

Л у ч ш и е к о н с т р у к ц и и 17-й выставки творчества радиолюбителей, изд. ДОСААФ, 1963.

Описание ряда конструкций радиоприемной аппаратуры (комбинированная радиоустановка, карманные транзисторные радиоприемники, транзисторные радиоприемники в оправе слуховых очков) и других разделов выставки.

Н о р и е н Ф. Г., Познакомьтесь со своим радиоприемником. Перевод с чешск., Госэнергоиздат, 1963 (Массовая радиобиблиотека).

В этой небольшой книге рассказывается о работе радиовещательного приемника, о том, как им пользоваться, как устанавливать антенну и заземление.

Книга советует, как уменьшить помехи и улучшить звучание приемника.

Рассчитана на всех, кто хочет познакомиться с принципом устройства радиоприемника, чтобы лучше использовать его.

С в о р е н ь Р. А., Шаг за шагом (от детекторного приемника до супергетеродина), Школьная библиотека Издательства детской литературы, 1963.

В книге читателю предлагается несколько конструкций для самостоятельного изготовления, начиная от самого простого приемника и кончая многоламповым супергетеродином. К постройке последнего любители приходят постепенно, «шаг за шагом», модернизируя свой простейший приемник, добавляя к нему все новые и новые узлы, усложняя и совершенствуя схему.

Б о ж е н о в В. Ф., Устройство для сборки транзисторных приемников, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

В брошюре содержится описание самодельного устройства из двух панелей и измерительного блока, позволяющих без пайки собрать и наладить схему транзисторного приемника прямого усиления с тем, чтобы можно было без затруднений построить затем по ней приемник в соответствующем оформлении.

Б о л ь ш о в В., Г у к и н В., Книга начинающего радиолюбителя, изд. ДОСААФ, 1964.

В 14 главах на протяжении 235 страниц излагаются основы электротехники, радиотехники и электроники.

Рассказывается, как работает усилитель, об излучении и распространении радиоволн, о радиовещательных приемниках и радиоизмерениях. В заключение даются описания простого усилителя, радиограммофона и трехлампового приемника 1-V-2.

В п о м о щ ь р а д и о л ю б и т е л ю , вып. 17, изд. ДОСААФ, 1964.

В сборнике дано подробное описание экспоната 18-й. Всесоюзной радиовыставки — «Радиоприемник «Сказка» П. Фаловского.

Это транзисторный приемник прямого усиления 2-V-3, в схеме которого использовано пять транзисторов. За основу взята схема радиоприемника В. Плотникова, демонстрировавшегося на 17-й Всесоюзной радиовыставке.

Г е н д и н Г. С., Самодельные усилители низкой частоты, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

В брошюре содержится девять описаний ламповых и транзисторных любительских усилителей низкой частоты — от простейшего однолампового, доступного для изготовления радиолюбителю, впервые приступающему к сборке усилителя, до более сложных, предназначенных для изготовления в радиокружках, как, например, усилитель для школьного радиоузла.

В первой главе, предназначенной для начинающих радиолюбителей, содержатся общие сведения об усилителях.

К о с т и к о в В., Как построить радиоприемник (Основы конструирования простых ламповых приемников), изд. ДОСААФ, 1964.

В книге, написанной с целью научить правильно строить радиоприемники, предназначенной для начинающих радиолюбителей, изложены основы самостоятельного конструирования простых сетевых и батарейных ламповых радиоприемников. В ней приведены типовые схемы каскадов, даны указания по налаживанию построенных радиоприемников и определению причин неисправностей в них.

В книге не затрагивается постройка приемников на транзисторах.

П р и л ю к Н. В., Карманный радиоприемник на транзисторах, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

Подробное описание конструкции карманного супергетеродина, в схеме которого используются семь транзисторов.

Подробное описание всех деталей и узлов приемника в совокупности с печатным монтажом делает констру-

цию приемника весьма удобной для повторения. Описание настройки и сопряжения контуров дано подробно, чтобы даже неопытный радиолюбитель мог хорошо настроить изготовленный приемник.

Р у м я н ц е в М., Любительские карманные приемники, изд. ДОСААФ, 1964.

В книге описаны конструкции автора, разработанные за 1962/63 гг. и отмеченные призами на Всесоюзных радиовыставках.

Приводятся соображения по выбору схемы, конструированию, а также краткие описания отдельных каскадов, узлов, деталей и приемников в целом. Даются указания по налаживанию приемников.

Р у м я н ц е в М. М., Транзисторные приемники для начинающих, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

Описание семи транзисторных приемников, расположенных в порядке нарастающей сложности. Сначала идут описания пяти приемников прямого усиления, в которых используются от двух до пяти транзисторов, затем предлагаются два супергетеродина, а в заключение даются различные практические советы.

Р у м я н ц е в М. М., Транзисторный супергетеродин «Пионер», изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

Подробное описание конструкции простого самодельного транзисторного супергетеродина, в схеме которого используются всего только три транзистора и один полупроводниковый диод.

Б о ж к о И. М. и Л о к ш и н К. А., Транзисторные приемники промышленного изготовления, изд-во «Энергия», 1966 (Массовая радиобиблиотека).

Книга представляет собой справочник, в котором приводятся основные данные радиовещательных транзисторных приемников, выпускаемых отечественной радиопромышленностью. Даются описания схемы, конструкции и основных деталей каждого приемника.

Г у м е л я Е. Б., Налаживание транзисторных приемников, изд-во «Энергия», 1966 (Массовая радиобиблиотека).

Приводятся основные сведения по налаживанию самодельных транзисторных приемников (прямого усиления и супергетеродинов) в радиолюбительских усло-

виях, а также по изготовлению простейших измерительных приборов.

З о т о в В. Е., Радиолобительские карманные приемники на транзисторах, изд. 2-е, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

Краткое описание 11 различных радиоприемников, помещенных в порядке их возрастающей сложности. Приводятся особенности налаживания приемников, описания самодельных деталей.

Радиосхемы (пособие для радиолюбителей). Составитель С. Л. Матлин, изд. ДОСААФ, 1965.

В альбоме помещено свыше 20 описаний схем радиоприемников и усилителей различной сложности, в которых используются электронные лампы и транзисторы.

Ф е л и с т а к Ю. И., Правильно ли настроен приемник, изд-во «Энергия», 1965 (Массовая радиобиблиотека).

В брошюре рассматриваются методы сопряжения контуров супергетеродина. Рассказывается о правильных и ложных настройках, возникающих при налаживании приемника, об использовании гармоник для расширения диапазона сигнал-генератора и проверке качества гетеродина приемника.

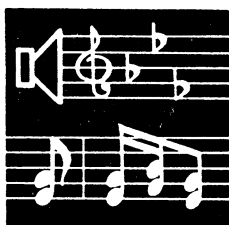
С п р а в о ч н и к н а ч и н а ю щ е г о р а д и о л ю б и т е л я, под общей редакцией Р. М. Малинина, изд. 3-е, перераб., изд-во «Энергия», 1965.

В десяти частях справочника (в нем 656 страниц) содержится обширный материал для широких кругов читателей, начинающих заниматься радиолюбительством.

Значительное место в книге занимают практические схемы радиоприемников и усилителей низкой частоты на электронных лампах и полупроводниковых приборах со всеми необходимыми данными. Даются указания и рекомендации по их конструированию, монтажу и налаживанию, сведения о выпускаемых промышленностью электровакуумных и полупроводниковых приборах, а также радиодеталей широкого применения.

Приводятся схемы и описания самодельной аппаратуры для связи на УКВ, простых приборов для автоматического управления, измерительной аппаратуры, источников электропитания аппаратуры, сведения по электроакустике, звукозаписи и звуковоспроизведения.





# ПРОИГРЫВАТЕЛИ И МАГНИТОФОНЫ

## ЗВУКОСНИМАТЕЛИ <sup>1</sup>

Для электрического воспроизведения записи граммофонных пластинок применяются специальные приборы, называемые звукоснимателями.

Звукосниматель состоит из двух частей: головки, содержащей устройство для преобразования механических колебаний иглы, скользящей по звуковой канавке грампластинки, в соответствующие электрические колебания, и тонарма, на котором укреплена головка. Преимущественное распространение получили головки двух

типов: электромагнитные и пьезоэлектрические. Принципиальное устройство электромагнитной головки показано на рис. 1. Магнит 1 снабжен двумя П-образными полюсными наконечниками из мягкой стали. Якорь 2 из того же материала свободно проходит через неподвижную катушку 3 и может поворачиваться около оси 4. Таким образом, якорь является диагональным мостом и в нейтральном положении вдоль якоря магнитный поток не проходит.

Во время работы звукоснимателя якорь отклоняется от

среднего положения и баланс магнитного моста нарушается. По якорю, в соответствующем направлении проходит магнитный поток, вследствие чего в катушке возникает э. д. с.

Действие пьезоэлектрических головок основано на использовании пьезоэлектрического эффекта, заключающегося в том, что при механической деформации некоторых кристаллов (пьезоэлементов) на их гранях возникают электрические заряды.

В зависимости от материала пьезоэлемента головки можно разделить на кристаллические и керамические. В кристаллических головках применяют сегнетовую соль. Однако этот материал хрупок, боится влаги и разрушается при температуре выше 40° С. Более совершенны керамические головки, построенные на пьезоэлементах из пьезоэлектрической керамики — материала, обладающего достаточной механической прочностью и рабочими свойствами, мало зависящими от атмосферных условий. Пьезоэлемент (рис. 2) состоит из двух керамических пластин, поверхности которых металлизированы. Пластины склеены между собой так, что при изгибе пьезоэлемента, когда одна из пластин растягивается, а другая сжимается, между поверхностями пьезоэлемента возникает суммарная разность потенциалов.

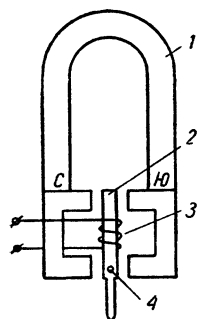


Рис. 1. Устройство электромагнитной головки звукоснимателя.

<sup>1</sup> Написано А. К. Бектабеговым.

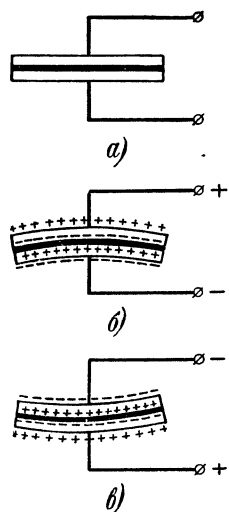


Рис. 2. Принцип действия керамического пьезоэлемента.

а — пьезоэлемент в покое; б — изгиб пьезоэлемента в одну сторону; в — изгиб пьезоэлемента в другую сторону.

Устройство керамической головки, выпускаемой промышленностью, показано на рис. 3. Головка предназначена для проигрывания как долгоиграющих пластинок со скоростью вращения  $33\frac{1}{3}$  и 45 об/мин, так и пластинок на 78 об/мин и потому имеет переключающиеся иглы. Пьезоэлемент 1 в виде прямоугольной балки размером  $17 \times 3 \times 0,8$  мм вставлен в резиновый карман 2 вместе с двумя контактными пластинами из металлической фольги 3. Демпфирующий блок П-образной формы 4 для выравнивания частотной характеристики надет на пьезоэлемент. Свободный конец пьезоэлемента заделан в поводок 5 из легкой пластмассы. Иглодержатель 6

из той же пластмассы связан с рычагом переключения игл 7 через резиновую муфту 8. Цилиндрическая пружина 9 устраняет люфт рычага в корпусе, а плоская пружина 10 фиксирует положение рычага при переключении игл. Снизу головка закрывается металлической крышкой, защищающей систему от механических повреждений. Переключение корундовых игл, расположенных рядом на конце иглодержателя, осуществляется поворотом иглодержателя относительно своей оси на небольшой угол.

Важное значение для работы звукоснимателя имеет тонарм. Он определяет правильное положение головки звукоснимателя относительно канавки записи и перемещение ее по пластинке, а также нормальную работу звукоснимателя в области низких частот. Так как тонарм, вра-

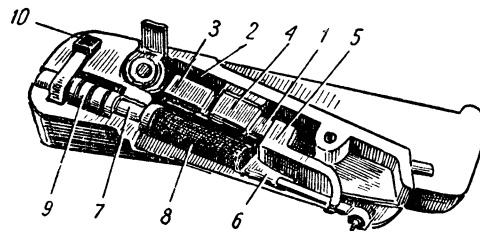


Рис. 3. Устройство головки с керамическим пьезоэлементом.

щаяся на поворотной ножке, перемещается по дуге окружности, то плоскость симметрии головки, проведенная через конец иглы, может быть касательной к канавке только в одной какой-либо точке на поверхности пластинки. Во всех других точках эта плоскость будет расположена под некоторым углом к касательной. Для уменьшения этого угла, называемого углом погрешности, тонарм делают изогнутым, а конец иглы выносят несколько вперед за центр вращения пластинки. Чтобы обеспечить устойчивость иглы в канавках пластинки, а также избежать повышенной нагрузки на пластинку, инерционность тонарма в вертикальной и горизонтальной плоскостях должна быть небольшой. Поэтому тонарм делают из легких алюминиевых сплавов или пластмассы. Чтобы уменьшить давление иглы на пластинку, в тонарме иногда устанавливают отжимную пружину.

Трение и люфт в обеих осях тонарма должны быть минимальны, так как трение препятствует игле легко вести тонарм по пластинке, а люфт вызывает вибрации тонарма на низких частотах и нелинейные искажения.

Внешний вид звукоснимателя показан на рис. 4.

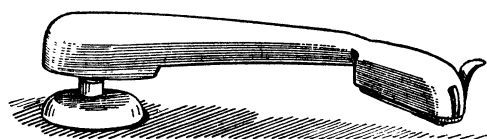


Рис. 4. Внешний вид звукоснимателя.

## ОДНОЛАМПОВЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ ПРОИГРЫВАТЕЛЯ <sup>1</sup>

Этот усилитель один из самых простых: его можно вмонтировать в любой заводской проигрыватель.

Собран усилитель на одной лампе 6Ф3П. Ее пентодная часть используется как оконечный усилитель, а триодная часть — для предварительного усиления (рис. 1).

<sup>1</sup> Гендин Г. С., Самодельные усилители низкой частоты, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

Напряжение от звукоснимателя подводится к переменному резистору  $R_1$ , регулирующему громкость. С его движка через конденсатор  $C_1$  напряжение поступает на управляющую сетку триодной части лампы. Усиленный триодом сигнал через переходной конденсатор  $C_3$  и резистор  $R_7$  поступает на управляющую сетку пентодной части лампы.

В анодную цепь пентода включен выходной трансформатор  $Tr_1$ , к вторичной обмотке которого подключен громкоговоритель  $Гр$ . Конден-

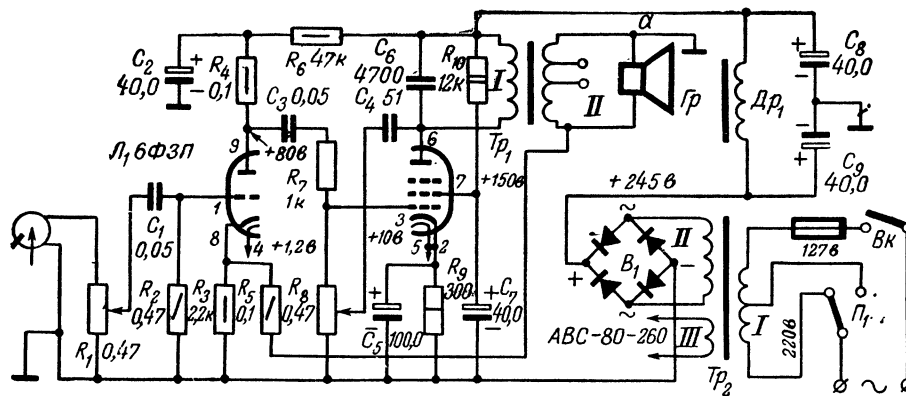


Рис. 1. Принципиальная схема усилителя.

сатор  $C_4$  и переменный резистор  $R_8$ , включенные между анодом и управляющей сеткой пентода, образуют цепь отрицательной обратной связи, с помощью которой регулируют тембр звука.

Выпрямитель состоит из трансформатора питания  $Tr_2$ , сенового столба  $B_1$ , дросселя фильтра  $Dr_1$  и сдвоенного конденсатора фильтра  $C_8C_9$ .

На монтажной схеме (рис. 2) все детали и соединительные провода изображены так, как они расположены на шасси. Пользование монтажной схемой предотвращает неправильное взаиморасположение деталей, могущее повлечь за собой самовозбуждение усилителя.

При отсутствии сдвоенных электролитических конденсаторов емкостью  $40+40$  мкф на номинальное напряжение 300 в их можно заменить одинарными по 20 или 30 мкф, однако при этом придется соответственно изменить конструкцию шасси.

В выпрямителе не обязательно применять сеновый столб АВС-80-260. Вместо него можно использовать восемь диодов типа Д7Е, ДГ-Ц26 или ДГ-Ц27, расположив их на изоляционной планке (рис. 3). В этом случае в схему выпрямителя добавится еще восемь постоянных резисторов сопротивлением по 75—100 ком с номиналь-

ной мощностью рассеивания 0,25—0,5 Вт (все обязательно одинакового сопротивления).

Выходной трансформатор собирают из пластин электротехнической стали Ш-19, толщина набора 28 мм. Его первичная обмотка содержит 2 400 витков провода ПЭЛ 0,12 мм, а вторичная — 70 витков провода ПЭЛ 0,68 мм с отводами от 45 и 60 витков.

Трансформатор питания собирают из пластин Ш-24, толщина набора 30 мм. Его первичная обмотка состоит из  $690 + 520$  витков провода ПЭЛ 0,27 мм и ПЭЛ 0,23 мм соответственно. Вторичная (повышающая) обмотка содержит 1 350 витков провода ПЭЛ 0,15 мм. Понижающая обмотка (для накала лампы) содержит 39 витков провода ПЭЛ 0,8 мм.

Дроссель фильтра выпрямителя собирают из пластин электротехнической стали типа Ш-12, толщина набора 19 мм. Его обмотка содержит 3 500 витков провода ПЭЛ 0,14 мм. Можно применить готовый дроссель от телевизора «Рубин» или «Темп-6» (малый дроссель).

При монтаже усилителя следует обратить внимание на следующие особенности. Один из выводов обмотки накала (безразлично какой) для уменьшения фона переменного тока соединен с катодом пентодной части лампы (лепесток

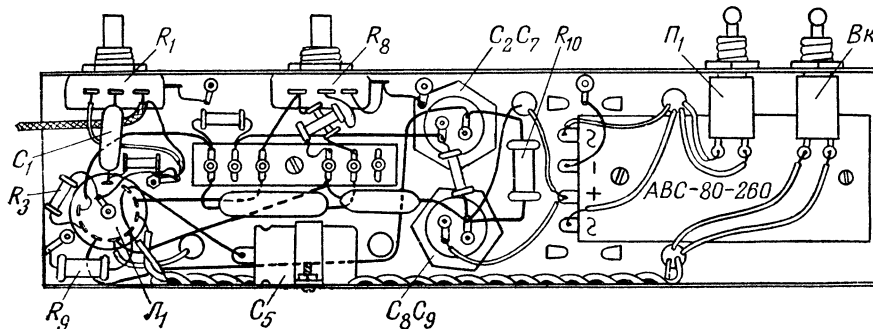


Рис. 2. Монтажная схема усилителя.

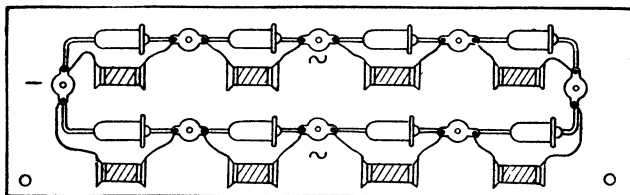


Рис. 3. Планка с диодами Д7.

второй ламповой панели). С вторичной обмотки выходного трансформатора снимается напряжение отрицательной обратной связи. Поэтому безразлично, какой конец обмотки заземлить и к какому концу припаять резистор  $R_5$ . Смонтировав усилитель, резистор  $R_5$  и заземляющий провод в точке *a* временно рекомендуется не припаивать.

После того как монтаж будет закончен, можно включить усилитель в сеть, убедившись предварительно в том, что переключатель напряжения сети (тумблер  $\Pi_1$ ) установлен в нужное положение. Если при этом трансформатор питания сразу сильно загудит или перегорит предохранитель, тогда нужно немедленно выключить усилитель, найти и устранить ошибку в монтаже.

Если выпрямитель смонтирован правильно, то после включения усилителя нужно измерить напряжение на вторичных обмотках трансформатора питания и на конденсаторах фильтра выпрямителя. При измерении напряжений на обмотках трансформатора необходимо соблюдать осторожность, так как напряжение повышающей обмотки достигает 250—300 в, а при неправильной установке переключателя напряжение сети может оказаться равным 500—600 в и вызвать тяжелое поражение током. Никогда не следует брать двумя руками за два провода, за провод и шасси или любую другую деталь, находящуюся под током. Нормальным следует считать напряжение 220—245 в на повышающей обмотке и 6,6—6,9 в на ненагруженной обмотке накала ламп. При этом постоянное напряжение на выходе фильтра выпрямителя, т. е. на электролитическом конденсаторе  $C_8$ , должно быть 230—250 в.

Если все детали подобраны согласно схеме и исправны, а монтаж выполнен правильно, усилитель сразу же заработает и не потребует регулировки. Ручки регуляторов громкости и тембра нужно установить в среднее положение. После прогрева лампы в громкоговорителе появится слабый фон переменного тока. Он будет служить признаком того, что усилитель работает.

После этого нужно выключить усилитель и подпаять к лепесткам на регуляторе громкости экранированный провод от звукоусилителя. Для этого нужно разместить проигрыватель и усилитель на столе так, чтобы во время работы усилителя можно было «на ходу» присоединить к вторичной обмотке выходного трансформатора провода от резистора  $R_5$  и шасси, оставленные неприсоединенными.

Включив усилитель и проигрыватель, нужно установить грампластинку и поставить на нее звукосниматель. Прослушивая запись, присоединяют заземляющий провод (точка *a* по схеме) к какому-либо одному выводу вторичной обмотки выходного трансформатора, а ко второму ее выводу присоединяют провод, идущий от резистора  $R_5$ . При этом громкость звука должна немного уменьшиться. Если же при подсоединении проводов появится самовозбуждение усилителя, то провода нужно поменять местами.

Когда цепь обратной связи будет правильно подключена, нужно выключить усилитель и проигрыватель, припаять провода обратной связи и «земли» и установить шасси усилителя на заранее выбранное место на панели проигрывателя. Там же укрепляют и громкоговоритель.

Усилитель и громкоговоритель размещают в зависимости от конструкции проигрывателя. Если он представляет собой только панель с электродвигателем и звукоснимателем, то лучше всего сделать небольшой чемоданчик, в котором усилитель можно разместить под панелью проигрывателя, а громкоговоритель — на откидной крышке.

В этом случае можно применить громкоговоритель 2ГД-3, так как он позволяет получить лучшее качество звучания, чем малогабаритные громкоговорители, особенно на нижних частотах.

Если же проигрыватель смонтирован в собственном чемоданчике, размеры которого позволяют разместить в нем и усилитель и громкоговоритель, тогда шасси усилителя нужно располо-

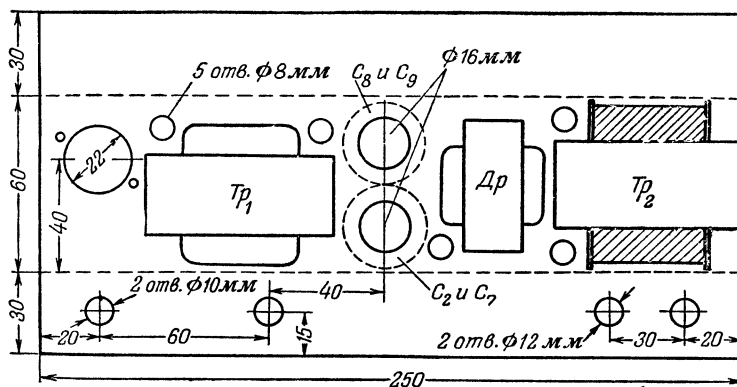


Рис. 4. Эскиз шасси усилителя.



жить под панелью электродвигателя, а громкоговорителю выбрать место в зависимости от размеров футляра проигрывателя. Можно взять любой громкоговоритель с сопротивлением звуковой катушки 4,5—6,5 ом (например, 1ГД-5, 1ГД-6, 1ГД-9, 1ГД-18, 1ГД-19).

Для получения наибольшей выходной мощности при наименьших искажениях громкоговоритель нужно подключать к тому или иному отводу вторичной обмотки выходного трансформатора в зависимости от типа примененного громкоговорителя.

На рис. 4 приведен эскиз шасси усилителя и показано размещение деталей на нем для случая, когда от проигрывателя используется лишь панель с электродвигателем и звукоснимателем, которую вместе с усилителем и громкоговорителем размещают в ящике от патефона с пружинным механизмом.

В этом случае можно вместо приводного механизма с электродвигателем использовать имеющийся в патефоне пружинный механизм, а вместо патефонной мембраны надеть электромагнитный звукосниматель.

Шасси усилителя располагают на месте удаленного раструба, а громкоговоритель — в нижней части крышки ящика (при другом расположении громкоговорителя его магнитная система не позволит закрыть крышку).

Если при регулировке усилителя его чувствительность окажется недостаточной или избыточной, то, подбирая сопротивление резистора  $R_5$ , усиление можно изменить. При уменьшении сопротивления резистора  $R_5$  чувствительность усилителя уменьшается, а при увеличении — увеличивается.

## ПЕРЕНОСНЫЕ ЭЛЕКТРОПРОИГРЫВАТЕЛИ <sup>1</sup>

### ЭЛЕКТРОПРОИГРЫВАТЕЛЬ С СЕТЕВЫМ ПИТАНИЕМ

Усилитель проигрывателя имеет всего лишь одну лампу 6Ф3П (рис. 1). На триодной части лампы собран предварительный каскад усилителя, а на пентодной — оконечный <sup>2</sup>.

Напряжение с пьезокерамического звукоснимателя  $Зв$  поступает на потенциометр (переменный резистор)  $R_1$ , служащий регулятором громкости.

С регулятора громкости напряжение поступает на сетку триодной части лампы, а затем, усиленное, через разделительный конденсатор  $C_3$  — на управляющую сетку пентодной части той же лампы. Переменный резистор  $R_4$  в цепи

управляющей сетки пентода совместно с конденсатором  $C_4$  служит регулятором тембра. Резистор  $R_5$  в анодной цепи триода — нагрузочный. Смещение на управляющие сетки триода и пентода подается автоматически с резисторов  $R_2$  и  $R_3$ .

В анодную цепь пентода включен выходной трансформатор  $Tr_1$ , вторичная обмотка которого нагружена на громкоговоритель  $Гр_1$  (1ГД-18 или 1ГД-9). Конденсатор  $C_5$  служит для улучшения частотной характеристики.

Выпрямитель собран по однополупериодной схеме на двух последовательно соединенных диодах  $D_1$  и  $D_2$ , подключенных к одному из концов вторичной обмотки трансформатора  $Tr_2$ .

Номиналы резисторов и конденсаторов могут иметь отклонения от указанных на принципиальной схеме на  $\pm 20\%$ .

Выходной трансформатор можно использовать от приемников «Рекорд-53», «Днипро-58», «Стрела» или изготовить его самостоятельно. Трансформатор наматывают на сердечнике Ш-16×20. Обмотка  $I$  содержит 2 600 витков провода ПЭЛ 0,12, обмотка  $II$  содержит 90 витков провода ПЭЛ 0,51.

Трансформатор питания желательно приобрести от радиолы или приемника «Рекорд-53М».

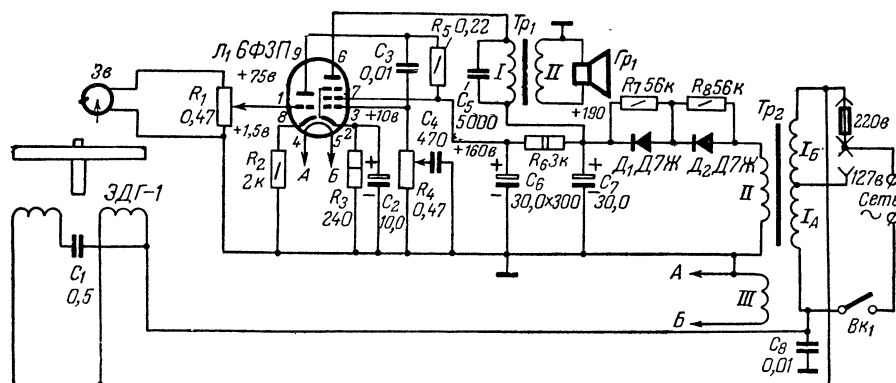


Рис. 1. Принципиальная схема усилителя для электропроигрывателя.

<sup>1</sup> Самодуров Д. В., Переносные электропроигрыватели, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

<sup>2</sup> Этот усилитель отличается от описанного выше несколько упрощенной схемой, меньшей выходной мощностью и отсутствием отрицательной обратной связи. (Прим. ред.)

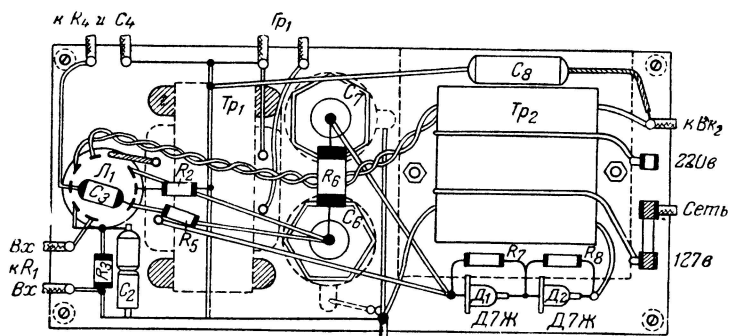


Рис. 2. Размещение деталей и монтаж усилителя.

Если не представится возможность приобрести готовый трансформатор питания, то его можно намотать на сердечнике Ш-20×37. Секция сетевой обмотки IА имеет 737 витков, а секция IБ — 583 витка провода ПЭЛ 0,25. Обмотка II имеет 1 250 витков провода ПЭЛ 0,15, а обмотка III — 42 витка провода ПЭЛ 0,85.

Привод для вращения пластинок желательно приобрести унифицированный ЭПУ-5 с пьезо-керамическим звукоснимателем. Можно использовать привод и другого типа, но звукосниматель необходим пьезокерамический УЗ-2, «Эльфа» или «Харьков».

Усилитель и выпрямитель смонтированы на гетинаксовой плате 175×80 мм, толщиной 2 мм. Размещение деталей на плате и монтаж показаны на рис. 2.

Готовый усилитель прикрепляют винтами к панели проигрывателя на четырех ко-



Рис. 3. Внешний вид переносного электро-проигрывателя.

лонках, расположенных по углам платы.

Оформить проигрыватель можно так, как изображено на рис. 3. Футляр изготавливают из фанеры или плотного картона и оклеивают дерматином. Размеры футляра 340×270×100 мм, высота крышки 55 мм.

Если усилитель смонтирован правильно, а данные его деталей не будут сильно отличаться от указанных на схеме, то он сразу будет работать нормально и не потребует особого налаживания и регулировки.

## БАТАРЕЙНЫЙ ЭЛЕКТРОПРОИГРЫВАТЕЛЬ

Широкое распространение транзисторов дает возможность сделать портативный переносный электропроигрыватель для загородных прогулок и туристских походов.

Ниже приведена схема усилителя низкой частоты на транзисторах для батарейного проигрывателя (рис. 4). Он состоит из двух предварительных и оконечного каскада, собранного по двухтактной схеме с общим эмиттером. В проигрывателе предусмотрено применение пьезо-керамического звукоснимателя.

Первый каскад работает на транзисторе  $T_1$  (П13Б) по схеме с общим эмиттером.

Входное напряжение через разделительный конденсатор  $C_1$  поступает с регулятора громкости  $R_1$  на базу транзистора  $T_1$ . На базу этого же транзистора подается отрицательное напряжение через резистор  $R_2$ , от сопротивления которого зависит ток коллектора. Чем меньше сопротивление  $R_2$ , тем больше отрицательное напряжение на базе и тем больше будет ток коллектора. В данном каскаде ток коллектора транзистора  $T_1$  равен 0,8 ма. Усиленное напряжение снимается с резистора  $R_3$  и через переходной конденсатор  $C_2$  поступает на базу транзистора  $T_2$  (П13), который работает во втором каскаде предварительного усиления. Нагрузкой второго каскада служит переходной трансформатор  $Tr_1$ , со вторичной обмотки которого напряжение подается на базы транзисторов  $T_3$  и  $T_4$  выходного двухтактного каскада. Смещение на базы, необходимое для нормальной работы этого каскада, подается с делителя  $R_5R_6$ . В цепи коллекторов транзисторов  $T_3$  и  $T_4$  включен выходной трансформатор  $Tr_2$ , нагрузкой которого служит громкоговоритель  $Гр$  (1ГД-18).

**Конструкция и детали.** Усилитель собирают на гетинаксовой панели 130×60 мм, толщиной 2 мм (рис. 5). Транзисторы крепят к панели в отверстиях диаметром 8 мм, а выводы их подпаивают к монтажным лепесткам, впрессован-

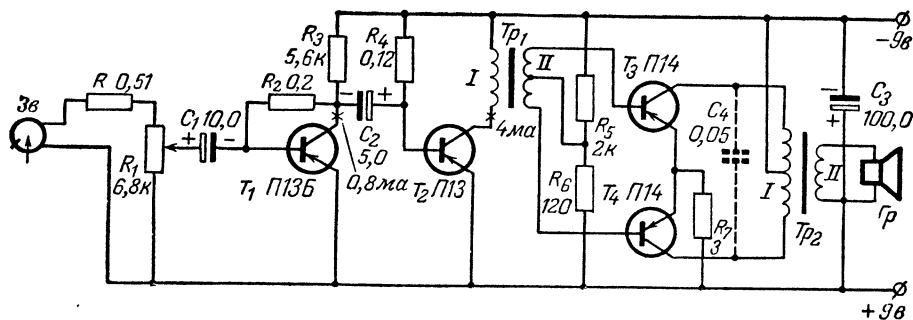


Рис. 4. Принципиальная схема усилителя на транзисторах для батарейного электропроигрывателя.

ным в плату. Коэффициент усиления  $\beta$  транзисторов  $T_1$  (П13Б) — 90,  $T_2$  (П13 — 70, а  $T_3$  и  $T_4$  (П14) — 40 (параметры транзисторов  $T_3$ ,  $T_4$  должны быть одинаковы). Трансформатор  $Tr_1$  собран на сердечнике из пластин Ш-10 (набор 12 мм). Первичная обмотка имеет 1 800 витков провода ПЭЛ 0,12, вторичная обмотка состоит из 450 + 450 витков того же провода. Выходной трансформатор собран на таком же сердечнике. Его первичная обмотка состоит из 200 + 200 витков провода ПЭЛ 0,2, вторичная обмотка имеет 60 витков провода ПЭЛ 0,51.

Максимальная мощность, развиваемая усилителем, 250—300 мвт. В режиме максимальной мощности усилитель потребляет ток, равный 40—50 ма.

Налаживание усилителя сводится к проверке режимов транзисторов, указанных на схеме. До монтажа усилителя транзисторы необходимо проверить. Для оконечного каскада следует подобрать два транзистора с одинаковыми коэффициентами усиления по току. Для коррекции воспроизведения на высших частотах можно включить конденсатор  $C_4$ , показанный на схеме штриховыми линиями.

В батарейном проигрывателе можно использовать привод ЭПУ-6, выпускаемый промышленностью со специальным батарейным двигателем ДРВ-0,1, работающим от источника постоянного тока напряжением 9 в.

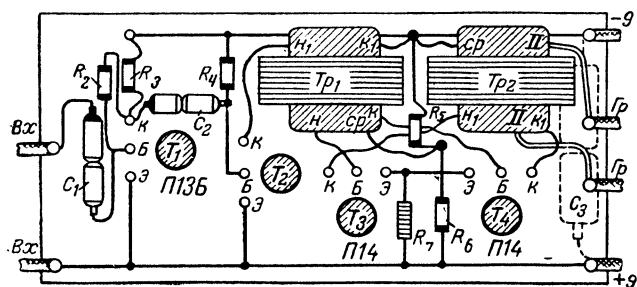


Рис. 5. Размещение деталей и монтаж усилителя.

Однако можно сделать и самостоятельно батарейный привод для проигрывания долгоиграющих пластинок со скоростью вращения  $33\frac{1}{3}$  об/мин.

Основой привода служит электродвигатель постоянного тока от кинескопной камеры «Спорт-2». Питается он от батареи для карманного фонаря типа КБС-Л-0,5.

Кинематическая схема привода изображена на рис. 6. Вращение ротора электродвигателя со шкива 14, установленного на его оси, через резиновый пазик передается на промежуточный шкив 6, а с него через другой резиновый пазик — на шкив большого диаметра 8, с которым жестко связан диск для грампластинок. На рис. 7 приведены чертежи деталей привода.

Проигрыватель с приводом монтируется на дюралюминиевой плате (рис. 8) размером  $280 \times 220 \times 2$  мм. Механизм привода собирают руководствуясь рис. 7 (детали 1—7). На ось 1 надевают шкив 8 и закрепляют его тремя винтами М3. На этот же шкив устанавливают три колонки 3, прикрепляя их в шкиву винтами М3. В центре планки 6 надо закрепить гайкой втулку 2, а по краям планки привинтить винтами М3 стойки 4 и 5. Затем на дно отверстия втулки 2 опускают стальной шарик диаметром 3 мм и вставляют ось 1 с шкивом 8, предварительно смазав ее машинным маслом. Винт М3 на втулке 2 завертывают до упора, а потом отвертывают его на

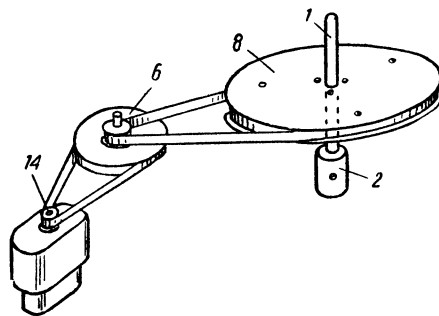


Рис. 6. Кинематическая схема привода.

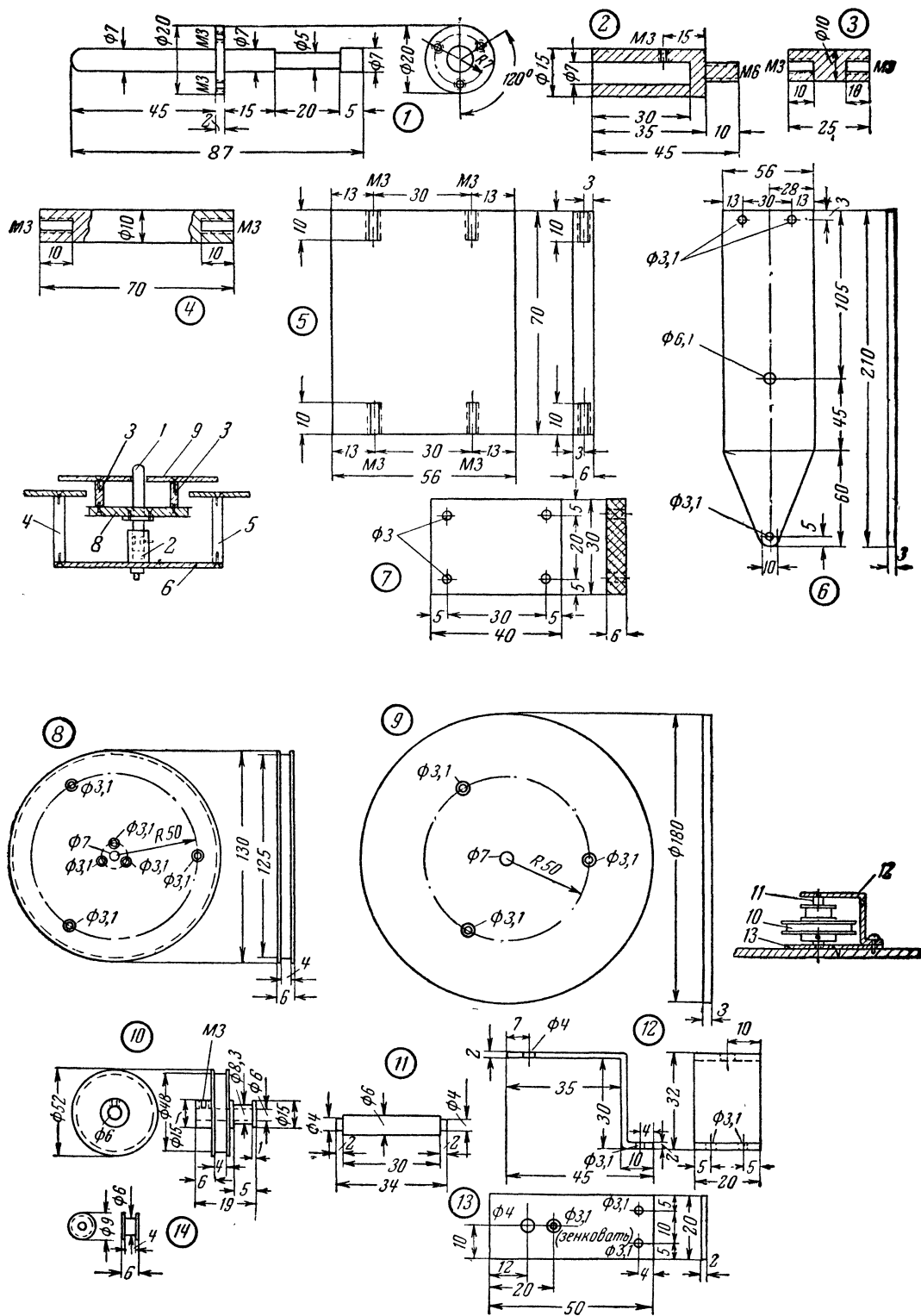


Рис. 7. Детали привода и сборка его узлов.

1 — стальная ось; 2 — латунная втулка; 3 — дюралюминиевая колонка (3 шт.); 4 и 5 — дюралюминиевые стойки; 6 — дюралюминиевая планка; 7 — резиновая пластина; 8 — шкив из гетинакса или дюралюминия; 9 — дюралюминиевый диск; 10 — дюралюминиевый шкив; 11 — стальная ось; 12 — стальной угольник; 13 — стальная пластинка; 14 — дюралюминиевый шкив (диаметр отверстия по оси электродвигателя).

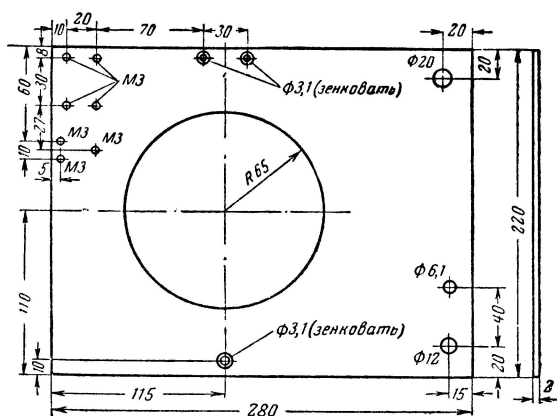


Рис. 8. Плата электропроигрывателя.

один оборот. На шкив 8 надевают большой резиновый пасик длиной (по окружности) 430, шириной 4 и толщиной 1—2 мм (его можно вырезать из автокамеры «Москвича»). Собранный узел крепят стойками 4 и 5 к плате винтами М3.

После этого собирают следующий узел. Шкив 10 закрепляют стопорным винтом на оси 11, нижний конец которой вставляют в отверстие (диаметром 4 мм) планки 13, предварительно прикрепленной винтом к плате. Далее надевают на шкив 10 малый резиновый пасик длиной (по окружности) 150, шириной 3 и толщиной 1—1,5 мм (его можно вырезать из мотокамеры), на верхний конец оси накладывают большой пасик (с шкива 8) и планку 12 двумя винтами привинчивают к плате через отверстия в планке 13. Малый пасик затем надевают на шкив 14 электродвигателя, а большой — на шкив 10.

Подключив источник питания к электродвигателю, надо проверить работу собранных узлов (они должны работать легко и бесшумно). После этого на ось 1 надевают диск 9, закрепляют его винтами на стойках 3 и накладывают на него резиновый или суконный круг.

При сборке рекомендуем обратить особое внимание на амортизацию электродвигателя и звукоснимателя. Электродвигатель нужно прикреплять к плате через резиновую пластину 7, а звукосниматель — через резиновые шайбы. Усилитель и громкоговоритель крепятся на плате при помощи металлических стоек, а батареи питания усилителя и электродвигателя прикрепляются к планке 6. Включают и выключают электродвигатель, а также и усилитель двойным выключателем — тумблером, который устанавливают в правом нижнем углу основной платы.

Внешний вид проигрывателя показан на рис. 9. Футляр его ( $300 \times 235 \times 110$  мм) можно изготовить из фанеры или плотного картона.



Рис. 9. Внешний вид батарейного электропроигрывателя.

Проверить скорость вращения диска собранного электропривода можно при помощи изображенного на рис. 10 стробоскопического круга. Этот круг следует сфотографировать, наклеить снимок на картон и сделать в центре отверстие диаметром 7,5 мм.

Для проверки числа оборотов в минуту диска электропривода стробоскопический круг кладут на грампластинку и освещают его неоновой лампой, питаемой переменным током частотой 50 *гц*.

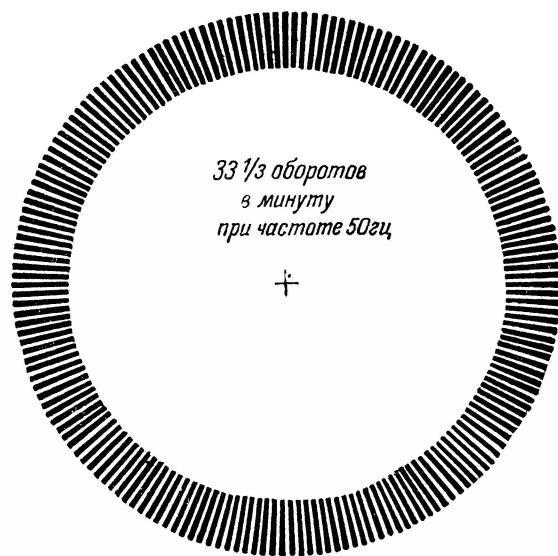


Рис. 10. Стробоскопический круг для проверки числа оборотов электропривода на  $33\frac{1}{3}$  об/мин.

Если скорость вращения диска будет соответствовать  $33\frac{1}{3}$  об/мин, то полосы круга будут казаться неподвижными. Если же скорость вращения диска будет больше, тогда полосы

круга будут казатьсядвигающимися в направлении вращения диска, а если меньше — в противоположном направлении.

## ПРИНЦИП МАГНИТНОЙ ЗВУКОЗАПИСИ <sup>1</sup>

Магнитофонами называют аппараты для записи и воспроизведения звука, в которых запись производится на гибкую пластмассовую полосу, покрытую с одной стороны ферромагнитным порошком. Ее называют *магнитной лентой*. Наиболее хорошую звукозапись дают студийные магнитофоны, применяемые в аппаратных киностудий, радиостудий и студий грамзаписи. Как правило, эти магнитофоны довольно громоздки. Рассчитаны они на совместную работу с микрофонами, усилителями, громкоговорителями и другой аппаратурой, которая имеется на каждой студии.

Другую, самую многочисленную группу, составляют магнитофоны широкого применения: аппараты для любительской домашней звукозаписи (например, «Яуза-5», «Днепр-10»), для репортажа («Репортер-2», «Репортер-3»), для служебной звукозаписи и звуковоспроизведения в аэропортах, на железных дорогах и т. п.

Магнитофоны широкого применения весьма разнообразны; одни смонтированы в чемоданах или ящиках, другие встроены в радиоприемники (например, в *магнитоле* «Неринга»). Большая их часть предназначена для питания от сети переменного тока, но встречаются магнитофоны и с питанием от батарей; это главным образом репортажные магнитофоны.

**Звукозапись.** Записываемые звуковые колебания преобразуются микрофоном *М* (рис. 1) в электрические сигналы. Мощность их повышается *усилителем записи* *УЗ*. К выходу последнего подключена магнитная *головка записи* *ГЗ*, представляющая собой кольцевой элек-

тромагнит, магнитная цепь которого разомкнута с одной стороны немагнитной прокладкой, образующей так называемый *рабочий зазор*. К рабочему зазору прилегает движущаяся магнитная лента. Так как магнитное поле над рабочим зазором изменяется во времени с такой же закономерностью как и записываемые звуковые колебания, все фазы последних фиксируются на магнитной ленте в виде различной остаточной намагниченности ее отдельных участков. Магнитная лента с магнитной записью называется *фонограммой*.

**Воспроизведение.** Чтобы воспроизвести записанные звуковые колебания, магнитную фонограмму пропускают с той же скоростью, что и при записи по магнитной *головке воспроизведения* *ГВ*, схожей по устройству с головкой записи. Магнитный поток, исходящий с фонограммы, замыкается через сердечник головки *ГВ* и возбуждает в ее обмотке электрические колебания такой же частоты, что и частота записанного звука. Мощность этих колебаний повышается *усилите-*

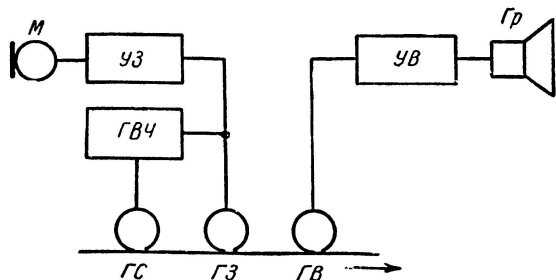


Рис. 1. Блок-схема магнитофона с отдельными усилителями записи и воспроизведения.

<sup>1</sup> «Книга радиомастера», гл. 13, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).



Магнитофон «Астра».

лем воспроизведения *УВ*, после чего они преобразуются громкоговорителем в звуковые колебания.

Воспроизведение может осуществляться как одновременно с записью, с незначительным запаздыванием, которое определяется расстоянием между головками *ГЗ* и *ГВ*, так и многократно, после окончания записи. Немедленная готовность записи и ее практическая неизнашиваемость (качество звуковоспроизведения почти не зависит от количества проигрываний) являются большим преимуществом магнитной записи.

Ненужная запись может быть удалена или, как говорят, «стерта» с магнитной ленты. Для этого служит *магнитная головка стирания ГС*, устройство которой, в общем, подобно устройству головок записи и воспроизведения. Она питается током высокой частоты (40—80 кГц) или реже — постоянным током. В первом случае стирание производится размагничиванием ленты, во втором — доведением ее до магнитного насыщения. Возможность многократно использовать магнитную ленту после стирания старых записей является вторым важным преимуществом магнитной записи.

Чувствительность магнитной ленты повышается, а нелинейные искажения при записи становятся меньше, если через обмотку *ГЗ* пропускать, кроме тока звуковой частоты, дополнительный ток, называемый *током подмагничивания*. Различают два способа магнитной записи: с высокочастотным подмагничиванием и с подмагничиванием постоянным полем. Блок-схема, приведенная на рис. 1, соответствует первому случаю. На ней показан генератор высокой частоты *ГВЧ*, питающий магнитные головки *ГС* и *ГЗ* током одной частоты, но разной амплитуды.

Запись с подмагничиванием и стиранием постоянным магнитным полем применяется в аппаратах, предназначенных только для записи речи, причем когда к ней не предъявляются художественные требования, так как при этом способе велики собственные шумы и нелинейные искажения. Во всех магнитофонах, рассчитанных на высококачественную запись, применяют высокочастотное подмагничивание.

При прочих равных условиях качество записи тем выше, чем больше скорость движения магнитной ленты. В современных магнитофонах уже при скорости ленты 19 см/сек можно записать и воспроизвести звуковые колебания с частотами от 30 до 16 000 гц при коэффициенте нелинейных искажений не более 2—3% и очень малых собственных шумах.

Возможность простыми средствами получить отличное звуковоспроизведение — третье преимущество магнитной записи.

Каждый магнитофон состоит из лентопротяжного механизма и электронной части. В последнюю входят усилители, генератор высокой частоты, индикатор уровня записи и электропитающее устройство.

Магнитная запись может применяться не только для записи звуковых колебаний, но и колебаний более широкого диапазона частот<sup>1</sup>.

**Магнитная лента.** Отечественная магнитная лента изготавливается трех типов: 1, 2 и 6. Лента типа 1 предназначена для записи при скорости 76,2 см/сек, т. е. для студийных магнитофонов. В магнитофонах широкого применения используют чаще всего ленты типов 2 и 6, последнюю преимущественно при малых скоростях — 9,5 и 4,76 см/сек. Магнитная лента изготовлена из ацетилцеллюлозы; с одной стороны на нее нанесен рабочий слой. Она негорюча. Ширина ленты  $6,25 \pm 0,05$  мм, общая толщина 55 мк, толщина рабочего слоя 15 мк. Последний содержит очень мелкие (размером в несколько микрон) ферромагнитные частицы. У ленты типа 1 это так называемая гамма-окись железа. У ленты типа 2 — феррит кобальта. Форма частиц в обоих случаях сферическая. Рабочий слой ленты типа 6 содержит также гамма-окись железа, но ее частицы имеют игольчатую форму. Поэтому лента типа 6 лучше других лент. Отечественные магнитные ленты типов 1 и 2 близки по своим свойствам к изготавливаемым в ГДР лентам типов С и СН соответственно.

Тип ленты обозначен на ее нерабочей стороне через определенные интервалы. Здесь же нанесен индекс завода-изготовителя и шестизначное число (например, 611206), первые две цифры которого означают год выпуска, а остальные — производственный номер партии ленты. Ленты

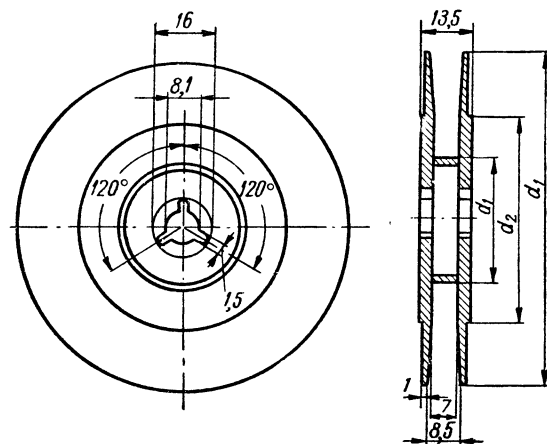


Рис. 2. Катушка для намотки магнитной ленты.

<sup>1</sup> В частности, с помощью специальных устройств — видеоманитофонов — осуществляют запись на магнитную ленту телевизионных сигналов. (Прим. ред.)



с одинаковыми номерами близки по качеству. Лента выпускается намотанной на металлические сердечники или катушки (рис. 2). Для магнитофонов широкого применения нужна лента на катушках; с сердечника ее нужно перемотать на катушку. Катушки изготовляют шести размеров. Каждому размеру присвоен номер, выражающий округленно наружный диаметр катушки в сантиметрах (см. таблицу).

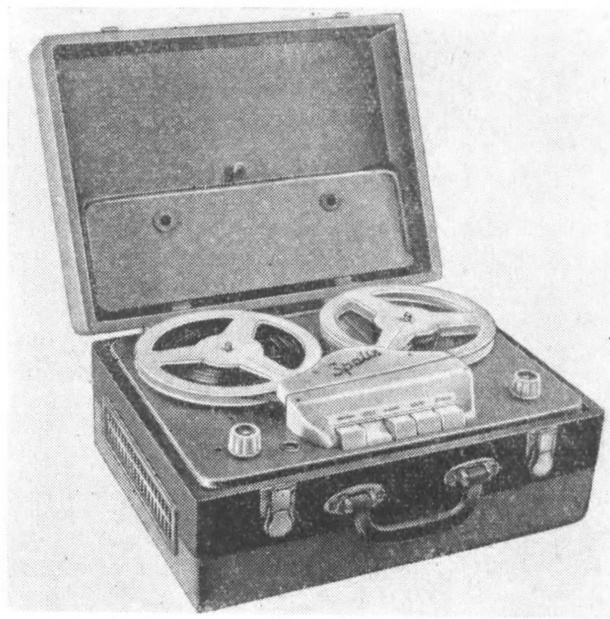
**Вместимость стандартных катушек и продолжительность записи одной дорожки при полной катушке ленты и скорости 19,05 см/сек**

Номер катушки	Диаметр катушки, см	Вместимость катушки при толщине ленты 55 мкм	Продолжительность записи одной дорожки, мин
7,5	7,5	50	4,5
10	10	100	9
13	13	180	16
15	15	250	22
18	18	350	32
22	22	500	44

В начале и конце подклеивают цветную ленту из того же материала, что и основа магнитной ленты, но она толще и прочнее. Эта лента, называемая *ракордной*, предохраняет магнитную ленту от повреждений при пуске лентопротяжного механизма магнитофона, когда неизбежно возникает толчок. Ракордная лента позволяет установиться нормальной скорости к началу прохождения магнитной ленты. На ракордной ленте пишется название записи.

**Одно-, двух- и четырехдорожные фонограммы.** Намагничиваемая в процессе записи полоса на магнитной ленте называется *дорожкой записи*. Вдоль ленты можно разместить "как одну, так и несколько дорожек записи. При одной дорожке ширина последней равна обычно всей ширине магнитной ленты. Такая магнитная фонограмма называется *однородной*; ее применяют в студийных магнитофонах, так как она дает возможность получить наилучшее качество записи и ее можно монтировать путем склейки отдельных кусков магнитной ленты.

В магнитофонах широкого применения чаще всего используют *двухдорожные* фонограммы. Расположение дорожек записи на ленте в этом случае показано на рис. 3; ширина каждой дорожки обычно 2,5 мм. После того, как записана дорожка № 1, катушки с магнитной лентой снимают с магнитофона, меняют местами, поворачивая одновременно на 180°, после чего записывают дорожку № 2. В некоторых магнитофонах (например, в магнитофоне «Мелодия»), вместо того чтобы менять местами катушки с магнитной лентой, изменяют направление движения маг-



Магнитофон «Спалис».

нитной ленты при записи и воспроизведении, применяя соответственно два комплекта магнитных головок. В этих магнитофонах переход с одной дорожки на другую осуществляется простым переключением ведущего двигателя и магнитных головок.

При двухдорожной фонограмме расход ленты уменьшается вдвое, но зато невозможен монтаж записей, так как, монтируя запись по первой дорожке, мы неизбежно повреждаем запись на второй дорожке. Поэтому двухдорожные фонограммы используют только в магнитофонах широкого применения, которые служат в основном для звукозаписи, не требующей монтажа. Исключение составляют репортерские магнитофоны; записи, произведенные на этих магнитофонах, как правило, нуждаются в монтаже.

Начинают широко использоваться и *четырёхдорожные* фонограммы, особенно в магнитофонах широкого применения с *стереофонической звукозаписью*<sup>1</sup>. Такая запись осуществляется одновременно с двух микрофонов и требует соответственно двух усилителей и двух дорожек на

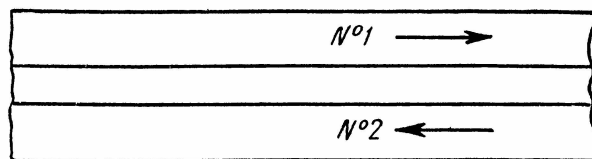


Рис. 3. Двухдорожная магнитная фонограмма.

<sup>1</sup> См. статью «Стереозвук», на стр. 60.



Магнитофон «Яуза».

ленте. Расположение дорожек на четырехдорожечной фонограмме показано на рис. 4. Во время движения ленты в одну сторону запись ведется на одной паре дорожек (№ 1 и № 3), при обратном движении — на второй паре (№ 2 и № 4). Если же четырехдорожечная фонограмма используется для обычной монофонической записи, то сначала записывается дорожка № 1, потом № 4, за ней № 3 и, наконец, № 2. По сравнению с ододорожечной фонограммой расход ленты сокращается при этом в 4 раза. Для перехода с одной дорожки на другую применяют два комплекта магнитных головок: один, установленный на уровне дорожки № 1, второй — на уровне дорожки № 3. Головки включают поочередно. Для перехода на дорожки № 2 и № 4 меняют местами катушки с лентой. При стереофонической записи оба комплекта головок работают одновременно.

**Качественные показатели магнитофонов.** К числу параметров, характеризующих качество магнитной звукозаписи, относятся общеизвестные параметры, используемые и для оценки радиоприемников и усилителей: полоса (диапазон) воспроизводимых частот, неравномерность частотной характеристики в полосе частот, коэффициент нелинейных искажений, относительный уровень помех. Кроме того, имеется и ряд специальных параметров.

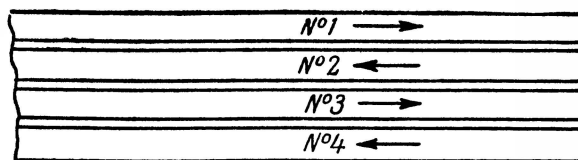


Рис. 4. Четырехдорожечная магнитная фонограмма.

Таковыми параметрами являются коэффициент детонации звука, относительный уровень стирания старых записей с ленты, проникание сигналов с одной дорожки записи на другую, соседнюю с ней, относительный уровень сигналов эха, возникающего от соприкосновения отдельных участков фонограммы, стабильность средней скорости движения ленты.

Ниже приводятся объяснения смысла отдельных параметров, а также некоторые сведения относительно их измерения.

Параметры магнитофонов нормируются государственным стандартом в зависимости от скорости ленты и назначения магнитофона. Они должны, в случае двух и четырехдорожечных фонограмм, соблюдаться для каждой дорожки записи в отдельности.

**Частотная характеристика.** Если произвести магнитную запись колебаний различных частот с одним и тем же эффективным значением тока звуковой частоты в головке записи (*ток записи*) и потом воспроизвести эту запись, то обнаруживается большая зависимость э. д. с. головки воспроизведения от частоты, т. е. большие частотные искажения (рис. 5). Сначала, по мере увеличения частоты  $f$ , э. д. с.  $E$  возрастает пропорционально частоте, потом рост замедляется, при некоторой частоте  $f_0$  э. д. с. максимальна, а далее она уменьшается. Такой ход характеристики объясняется главным образом действием воспроизводящей магнитной головки, э. д. с.

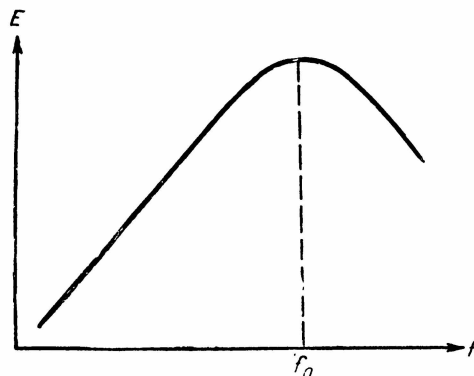


Рис. 5. Частотная характеристика магнитной записи и воспроизведения.



Магнитофон «Гинтарас».

которой пропорциональна частоте изменения магнитного потока в ней. Если бы не различные потери в головках и магнитной ленте, то частотная характеристика загиба не имела и беспредельно стремилась вверх.

В реальных магнитофонах частота  $f_0$  зависит от свойств магнитной ленты и магнитных головок. При одних и тех же ленте и головках частота  $f_0$  прямо пропорциональна скорости ленты. При записи с высокочастотным подмагничиванием увеличение тока подмагничивания уменьшает частоту  $f_0$ , т. е. ухудшает запись верхних звуковых частот относительно записи средних частот. Частотная характеристика, приведенная на рис. 5, из-за большой неравномерности непригодна для магнитофонов, поэтому ее корректируют, применяя усилители записи и воспроизведения с суммарной частотной характеристикой, обратной по форме. Эту суммарную коррекцию по ряду причин разделяют на коррекцию при записи и коррекцию при воспроизведении. На рис. 6 показаны примерные формы частотных характеристик соответствующих усилителей (здесь  $K$  — коэффициент усиления). Реально необходимые формы характеристик зависят от скорости ленты, ее свойств и свойств магнитных головок.

Для того чтобы запись, произведенную на одном магнитофоне, можно было нормально вос-

производить на других магнитофонах, рассчитанных на ту же скорость ленты, частотные характеристики каналов воспроизведения стандартизуют.

Для проверки характеристик магнитофонов и для их регулировки применяют специальные измерительные ленты.

Число в обозначении такой ленты указывает округленно скорость, на которой ее используют (например, ленту РТ-9 применяют для проверки магнитофонов при скорости 9 см/сек). Новые измерительные ленты имеют обозначения ЛИР-9, ЛИР-19 и т. д. Первая часть каждой измерительной ленты содержит запись чистого тока с частотой 400 гц; ее используют как эталон максимального уровня записи. В измерительных лентах старого типа РТ-38, РТ-19, РТ-9 эта запись произведена с уровнем, равным 50% от максимально допустимого.

Вторая часть измерительной ленты содержит запись колебаний ряда звуковых частот; при ее воспроизведении выходной сигнал правильно отрегулированного магнитофона должен быть примерно постоянным.

После того как по измерительной ленте настроен канал воспроизведения, экспериментально подбирают частотную характеристику усилителя записи так, чтобы общая частотная характеристика канала записи-воспроизведения имела неравномерность не больше допустимой.

**Нелинейные искажения.** Основным источником нелинейных искажений в магнитофоне является магнитная лента. Усилители обычно вносят значительно меньшие искажения, чем лента. Из числа лент отечественного производства наименьшие нелинейные искажения вносит лента типа 6. Искажения зависят от величины тока подмагничивания и *уровня записи*. Под последним в магнитофонах понимают значение остаточного магнитного потока в ленте после записи. Чем больше уровень записи, тем больше нелинейные искажения. Поэтому устанавливают максимально допустимый уровень, за которым следят в процессе записи и который стараются не превышать.

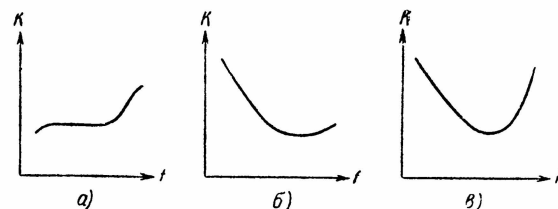


Рис. 6. Распределение частотной коррекции в магнитофонах.

а — частотная характеристика усилителя записи; б — частотная характеристика усилителя воспроизведения; в — суммарная частотная характеристика обоих усилителей.



Магнитофон «Днепр-11».

Для измерения уровня записи в процессе ее проведения в магнитофонах применяют *индикаторы уровня* (см. ниже), которые предварительно отградуированы с помощью первой части измерительной ленты, рассчитанной на соответствующую скорость.

В процессе записи, следя за показаниями индикатора уровня и регулируя усиление в канале записи, добиваются, чтобы уровень записи не превышал максимально допустимого, не возникала, как говорят, *перемодуляция* магнитной ленты с неизбежными при этом значительными нелинейными искажениями.

Нежелательна также запись с очень малым уровнем (*недомодуляция*), так как при воспроизведении она будет слышна тихо и притом на фоне заметных шумов.

Нелинейные искажения в записи сильно зависят от выбора величины тока подмагничивания. Минимум искажений получается примерно при такой его величине, при которой чувствительность ленты к записи средних звуковых частот максимальна<sup>1</sup>. Эта величина тока называется *оптимальной*. При токе подмагничивания, меньшем оптимального, искажения заметно возрастают. Так как ток оптимального подмагничива-

ния несколько изменяется от ленты к ленте, даже в пределах одного ее типа, для того чтобы иметь гарантию, что нелинейные искажения резко не увеличатся, иногда выбирают ток подмагничивания немного больше оптимального. Увеличение тока подмагничивания, кроме того, уменьшает шумы, но ухудшает запись верхних звуковых частот.

**Помехи.** При воспроизведении записи, особенно с большой громкостью, можно услышать фон и шумы, которые носят общее название — *помехи*. Они особенно заметны в паузах записи.

**Шум** (шипение, шорохи, хрипы) возникает главным образом вследствие неоднородной структуры слоя магнитного порошка на ленте, непостоянства механического контакта между ней и головкой и неровности поверхности ленты. Шум возрастает, если магнитные головки и лента случайно намагничены (например, неосторожным прикосновением отвертки или другого стального предмета), а также если мал ток подмагничивания и форма его кривой искажена (заметно отличается от синусоиды). Уменьшить шум можно, используя более совершенную ленту (из отечественных — ленту типа 6), улучшив прижим ее к головке записи, увеличив натяжение ленты в месте прилегания ее к головке и установив ток подмагничивания немного больше оптимального.

**Фон** представляет собой помеху в виде звука с частотами, кратными частоте тока электросети, т. е. с частотами 50, 100, 150 *гц* и т. д. (гармоники). Причина фона — пульсация напряжения, питающих усилители и генератор магнитофона, а также воздействие электромагнитных полей узлов магнитофона, работающих от сети переменного тока, на магнитные головки и усилители, особенно на входные цепи усилителей и на воспроизводящую головку. Эти нежелательные воздействия называют «наводками».

Слышен фон как гудение, иногда с призвуком «з», если преобладают гармоники с частотами 150, 200 *гц* и выше. В отличие от шумов, фон мало зависит от качества магнитной ленты и величины тока подмагничивания, а определяется в основном конструкцией магнитофона.

Количественно помехи оценивают отношениями *сигнал/шум* или *сигнал/фон*, принимая величину сигнала при максимальном уровне записи. Обратные величины называют *относительным уровнем шума, фона*.

**Детонация** — специфическое искажение звука, свойственное всем системам звукозаписи и звуковоспроизведения. В магнитофонах детонация возникает из-за того, что скорость движения магнитной ленты при записи и воспроизведении колеблется — движение ленты периодически ускоряется и замедляется. Вследствие

<sup>1</sup> Чувствительность ленты тем больше, чем сильнее она намагничивается при данной величине тока звуковой частоты в головке записи.

этого записанные колебания при воспроизведении подвергаются паразитной частотной модуляции и звук «плавает»: рояль звучит как гавайская гитара, искажается звучание и других музыкальных инструментов.

Особенно заметны на слух колебания скорости движения ленты с частотой от 1 до 5 гц (1—5 раз в секунду). Детонация практически незаметна, если скорость ленты изменяется не более чем на 0,15%.

*Следы старых записей.* Звуковоспроизведение будет искажено, если старые записи, бывшие на ленте, недостаточно хорошо стерты. Труднее всего стирать записи с ленты типа 2. Кроме того, при новой записи на ленте этого типа наблюдается «эффект проявления» стертой записи: под действием поля подмагничивания частично восстанавливается магнитная структура ленты, соответствовавшая прежней записи, и она становится слышимой, особенно в паузах новой записи.

*Проникание сигналов с соседней дорожки.* При воспроизведении с двух- или четырехдорожечной фонограммы может прослушиваться запись с соседней дорожки. Это объясняется действием магнитного потока рассеяния, который распространяется за пределы каждой дорожки по магнитному слою ленты. Явление это называют *прониканием*. Проникание между соседними дорожками тем больше, чем ниже частота записываемых колебаний и больше скорость ленты при записи. В стереофонических системах проникание может возникнуть при наличии паразитных емкостных или индуктивных связей между усилителями и внутри двухдорожечных блоков головок записи и воспроизведения.

*Копирэффekt.* Магнитная лента с записью наматывается в рулон. Во время ее хранения сильно намагниченные участки ленты, которые соответствуют громким местам записи, намагничивают участки ленты в смежно расположенных слоях. В результате на витках ленты, находящихся по обе стороны от сильно намагниченных участков, образуются как бы «магнитные отпечатки» (копирэффekt). При воспроизведении записи эти отпечатки прослушиваются как эхо. Особенно неприятно опережающее эхо, которого в естественных условиях мы никогда не наблюдаем.

При музыкальных записях копирэффekt обычно не является помехой, так как почти непрерывное звучание музыки маскирует эхо-сигналы. Другое дело запись речи. В ней громкие выкрики часто чередуются с паузами, и в последних бывает отчетливо слышно эхо.

Копирэффekt различен у разных типов лент. Лучшая в этом отношении из отечественных лент — лента типа 6. Копирэффekt сильно воз-

растает, если рулон ленты с записью нагреть или поместить в магнитное поле (постоянное или переменное). Это следует учитывать при хранении магнитных фонограмм.

**Блок-схема магнитофонов.** Блок-схемы различных магнитофонов широкого применения, хотя и несколько отличаются друг от друга, но близки к схеме, изображенной на рис. 7. Чтобы упростить конструкцию магнитофона, облегчить его и сделать более дешевым, применяют один универсальный усилитель УУ, используемый то как усилитель записи, то как усилитель воспроизведения, а также одну универсальную магнитную головку ГУ, которая работает и как записывающая, и как воспроизводящая.

Во время записи один из источников входного напряжения — микрофон М, звукосниматель З, радиоприемник, телевизор или трансляционная сеть Л — через делитель Д, уравнивающий эти различные напряжения, включают на вход усилителя. Последний повышает мощность колебаний. В нем также производится частотная коррекция, необходимая при записи. Выходов у усилителя два: один (1) для подключения громкоговорителя, другой (2) — линейный — для подключения магнитной головки при записи. Часто эти выходы делают от разных каскадов усилителя: оконечного и предоконечного. Резистор R является ограничительным. Во время записи включается питание на генератор высокой частоты ГВЧ и он посылает ток стирания в стирающую головку ГС и ток подмагничивания в универсальную головку ГУ.

Усиление усилителя можно плавно регулировать и тем самым изменять уровень записи, контролируемый по индикатору уровня И. При записи с микрофона может возникнуть самовозбуждение усилителя из-за акустической обратной связи, возникающей вследствие близкого расположения микрофона и громкоговорителя. В этом случае переключателем П<sub>2</sub> выключают громкоговоритель, включая вместо него рези-

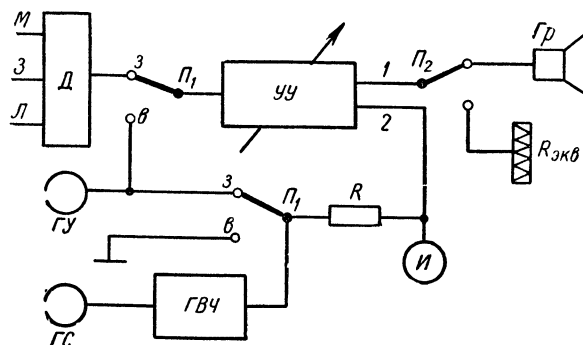
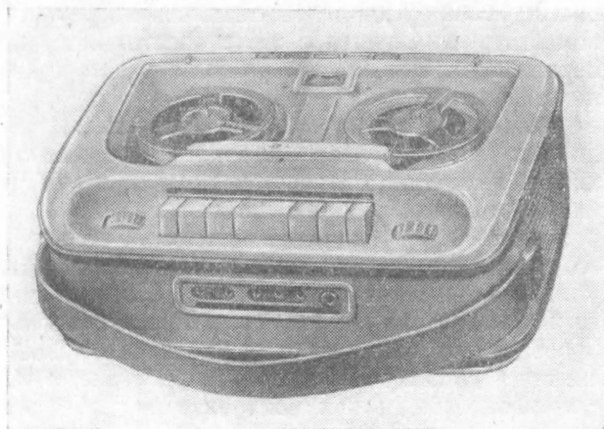


Рис. 7. Типичная блок-схема магнитофона широкого применения с одним универсальным усилителем.





Портативный магнитофон «Весна».

стор  $R_{\text{экв}}$  с сопротивлением, равным сопротивлению громкоговорителя. Некоторые магнитофоны вместо переключателя  $P_2$  имеют второй регулятор усиления, изменяющий напряжение только на выходе 1.

Чтобы перейти с записи на воспроизведение, надо переключателем  $P_1$  переключить магнитную головку ГУ с выхода усилителя на его вход, выключив питание ГВЧ. Одновременно изменяется частотная характеристика усилителя (цепи коммутации внутри усилителя на блок-схеме не показаны). Вся эта коммутация осуществляется кнопочным или галетным переключателем рода работ; в некоторых магнитофонах он управляет одновременно и лентопротяжным механизмом. Иногда в системе коммутации применяют электромагнитные реле.

При остановке ленты (положение переключателя рода работ «стоп»), а также при ее перемотке в магнитофоне сохраняется предшествующий режим работы (воспроизведение или запись), но генератор колебаний ВЧ обязательно выключается. Чтобы избежать порчи фонограммы, лента при остановке и перемотке обязательно отводится от магнитных головок. Это, кроме того, уменьшает их износ.

**Электронная часть магнитофона.** Электронная часть (электроника) различных магнитофонов широкого применения, имея фактически одну и ту же блок-схему, отличается принципиальными схемами, использованием в усилителях радиоламп или транзисторов, способами частотной коррекции и выходной мощностью. Общее в электронике этих магнитофонов то, что они содержат, как правило, универсальный усилитель, генератор высокой частоты, индикатор уровня и электропитающее устройство.

**Универсальный усилитель.** Всякий ли усилитель низкой частоты можно использовать в магнитофоне? Оказывается, нет. Вот каким требованиям он должен удовлетворять.

1. Выходная мощность усилителя должна обеспечить нормальную работу громкоговорителей магнитофона при воспроизведении и при контроле в процессе записи. Обычно эта мощность равна 1—3 *вт*. При желании получить большую громкость воспроизведения используют дополнительные внешние усилители и агрегаты из нескольких громкоговорителей.

Магнитофоны широкого применения, как правило, имеют небольшие размеры, что затрудняет обеспечение высококачественного и достаточно громкого звуковоспроизведения. Поэтому повышать номинальную выходную мощность усилителя магнитофона сверх 3 *вт* нецелесообразно. Разумеется, что при этой мощности нелинейные искажения усилителя должны быть достаточно малы.

2. Чувствительность усилителя должна быть такой, чтобы номинальная мощность обеспечивалась при минимальной э. д. с. магнитной головки 150—250 *мкв*, которую она развивает при воспроизведении самых низких звуковых частот.

3. Усилитель должен быть надежно защищен от воздействия источников внешних помех и обладать минимальными собственными шумами.

4. Частотная характеристика усилителя при записи и воспроизведении должна соответствовать показанной выше на рис. 6. Если магнитофон рассчитан на две или большее число скоростей ленты, то в нем должен быть переключатель, изменяющий частотную характеристику усилителя при записи и при воспроизведении в зависимости от скорости.

Главными трудностями при конструировании и изготовлении универсального усилителя являются получение малого шума, борьба с самовозбуждением из-за наличия паразитных емкостей в переключателе «запись — воспроизведение» и борьба с нежелательным воздействием генератора магнитофона на усилитель.

**Борьба с помехами.** Помехи возникают в различных участках схемы универсального усилителя. Наиболее существенны помехи, вносимые первым каскадом, так как они усиливаются в последующих каскадах. Различают помехи: 1) из-за пульсации питающих напряжений; 2) из-за электрических наводок от двигателя и трансформатора питания и 3) из-за электрических наводок вследствие неудачного монтажа.

Все эти помехи ощущаются на слух как *фон переменного тока*. Помехой является также

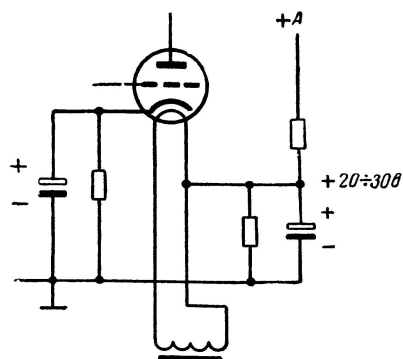


Рис. 8. Схема, позволяющая ослабить помеху от цепи накала.

собственный шум, вносимый лампой или транзистором входного каскада. Рекомендуются следующие меры по ослаблению помех.

1. В магнитофонах, питаемых от сети переменного тока, пульсации напряжений, питающих цепи анодов и сеток ламп, должны быть очень хорошо сглажены. В анодной цепи входного каскада следует применять развязывающий фильтр с конденсатором емкостью 30—50 мкф и резистором сопротивлением 100—150 ком. При питании накала переменным током возможен термоэмиссионный пульсирующий ток с нити накала через тело подогревателя на катод лампы. Этот ток проходя по резистору автоматического смещения, создает на нем пульсирующее напряжение помехи, приложенное между сеткой и катодом. Чтобы ослабить эту помеху накал лампы входного каскада лучше всего питать от низковольтного полупроводникового выпрямителя (это сделано в магнитофонах «Мелодия МГ-56», «Яуза-5», «Комета», «Спалис»). При питании накала переменным током один из концов нити лампы (какой — определяют опытным путем) надо заземлять. Иногда заземляют ползунок потенциометра, включенного параллельно нити накала («Днепр-11»); лучшее положение ползунка подбирается практически. Резистор автоматического смещения (в цепи катода лампы) должен быть зашунтирован конденсатором большой емкости (100—200 мкф) или применен развязывающий фильтр в цепи сетки. Эффективно способствует снижению фона подача на нить накала положительного потенциала 20—30 в относительно катода с делителя анодного напряжения (рис. 8) или применение автоматического смещения не от анодного, а от сеточного тока, как это сделано в магнитофонах «Комета» и «Яуза-5». В последнем случае резистор в цепи сетки должен иметь сопротивление 5—10 Мом (рис. 9). Во входном каскаде универсального усилителя напряжение

сигнала столь мало, что небольшое напряжение смещения, образующееся от сеточного тока, оказывается вполне достаточным.

Провода цепи накала надо обязательно свивать в шнур; нельзя пользоваться шасси усилителя как одним из проводов цепи накала.

Так как различные экзотермические лампы неодинаково чувствительны к пульсациям питающих напряжений, лампу для входного каскада надо подбирать по минимуму фона.

2. Электрические наводки наиболее опасны на цепь управляющей сетки лампы входного каскада усилителя, на провода, соединяющие ее с магнитной головкой, на детали, включенные в эту цепь, и на саму магнитную головку. Чтобы ослабить помехи, последнюю помещают в экран из пермаллоя, а идущие от нее провода — в заземленную металлическую оплетку. Лучше всего оба провода от магнитной головки перевить перед тем, как надеть на них экранирующую оплетку. Длина этих проводов должна быть возможно

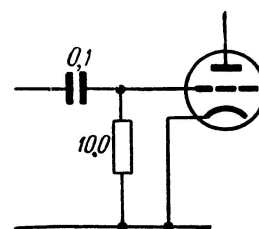


Рис. 9. Схема подачи автоматического сеточного смещения от сеточного тока.



Магнитофон «Комета».



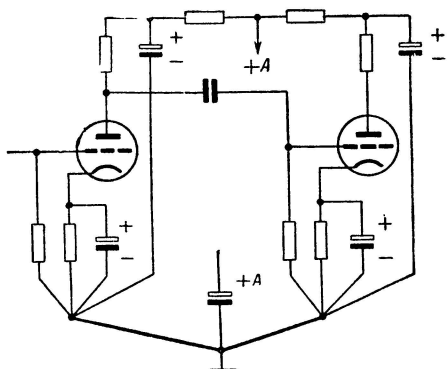


Рис. 10. Принцип монтажа каскадов усилителя.

меньше. Помеху из-за электрических наводок можно уменьшить, удалив по возможности от входа усилителя трансформатор питания и двигатель, а также наилучшим образом ориентируя из относительно усилителя и магнитной головки. Иногда удается уменьшить помеху, подобрав такое подключение проводов к источникам помех, при котором электромагнитные поля отдельных источников частично или полностью компенсируют друг друга.

В магнитофоне «Днепр-11» применена так называемая *антифонная катушка*, имеющая несколько сотен витков. Она включена последовательно с обмоткой универсальной головки и ее положение подбирают так, что э. д. с. помехи, возникающие в катушке и в магнитной головке, компенсируют друг друга.

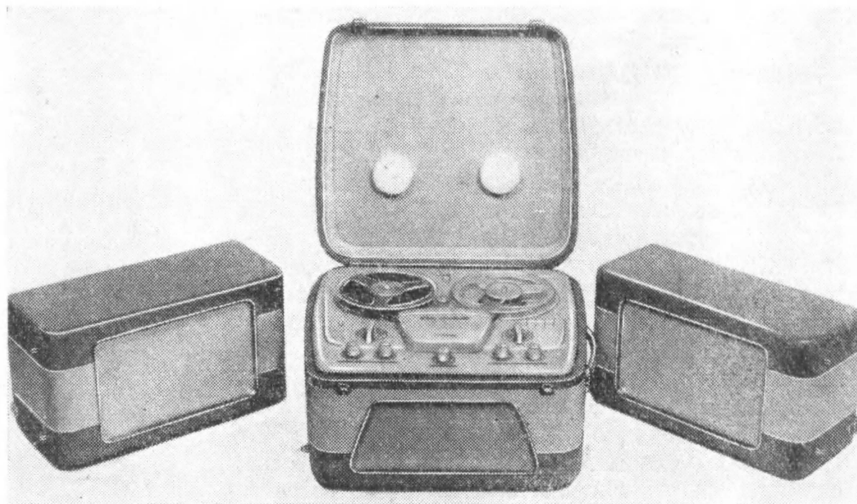
3. Помехи в универсальном усилителе могут оказаться большими в случае неудачного монтажа. Выше уже отмечалась необходимость коротких проводов от магнитной головки до лампы первого каскада. Кратчайшие соединения должны быть и между деталями входного и второго каскадов усилителя. Общий провод схемы (минус источника напряжения питания анодов и экранирующих сеток) должен быть медным (диаметром 2—1,5 мм). Его нельзя заменить соединениями деталей с шасси усилителя. Этот провод и отрицательные полюсы всех электролитических конденсаторов нужно изолировать от шасси. В каждом каскаде резистор цепи управляющей сетки, резистор сеточного смещения, блокирующий его конденса-

тор и отрицательный полюс конденсатора анодного развязывающего фильтра соединяют в одной («нулевой») точке (рис. 10). Нулевые точки всех каскадов отдельными проводами сводят в общую точку у выходного конденсатора фильтра выпрямителя. Там же общая точка соединяется с шасси усилителя.

Шум лампы или транзистора входного каскада усилителя зависит от типа лампы или транзистора и режима их питания. Сравнительно малые шумы вносят лампы типа 6НЗП<sup>1</sup> и транзистор П13Б, особенно, когда они работают при пониженных напряжениях на аноде и токе коллектора. При ремонте и налаживании магнитофона в случае повышенного шума усилителя следует сличить режим электропитания с рекомендованным в описании магнитофона и устранить возможные различия, а также подобрать экземпляр лампы или транзистора с наименьшим шумом. Часто причиной повышенного шума и фона является малая чувствительность магнитной головки. Поэтому при замене головки следует быть уверенным в исправности новой головки.

**Входной трансформатор к усилителю.** В магнитофонах широкого применения обычно используют высокоомные электродинамические микрофоны, например типа МД-41 или МД-47. Такие микрофоны можно подключать при записи непосредственно к сетке входного каскада усилителя магнитофона. Однако эти микрофоны нельзя относить от магнитофона на расстояние более 1,5—2 м, так как емкость длинного кабеля су-

<sup>1</sup> Во входных каскадах усилителей магнитофонов рекомендуется применять пентоды типа 6Ж32П. Эти пентоды разработаны специально для этой цели. (Прим. ред.)



Стерефонический магнитофон «Яуза-10».

щественно ухудшает частотную характеристику записи.

Когда необходимо относить микрофон от магнитофона на расстояние до 30—50 м (например, при репортажных записях, записях больших ансамблей исполнителей), применяют низкоомный электродинамический микрофон (например, типа СДМ, МД-37), подключая его к магнитофону через повышающий трансформатор с отношением чисел витков обмоток 1 : 15. Трансформатор устанавливают около магнитофона или внутри него. Трансформатор надо заключить в экран из пермаллоя или толстой стали (одиночный или двойной) и сориентировать в пространстве по минимуму фона. Данные трансформатора: сердечник из пластин пермаллоя Ш-6, толщина набора 9 мм; первичная обмотка 314 витков ПЭЛ 0,1, вторичная — 4 700 витков ПЭЛ 0,05. Между обмотками прокладывают электростатический экран в виде незамкнутого витка тонкой фольги, выводной провод от которой соединяют с экраном трансформатора и общей точкой схемы усилителя.

**Генератор высокой частоты.** Для стирания старой записи и подмагничивания магнитной ленты при новой записи используется генератор мощностью 2—5 вт, вырабатывающий колебания частотой 40—80 кГц. В отличие от других генераторов, к нему никаких требований по стабильности частоты и синусоидальности колебаний не предъявляется. Если магнитофон питается от сети переменного тока, то не существен и к. п. д. генератора. Необходимо только, чтобы колебания были симметричны, поскольку несимметричность приводит к увеличению шума в записи. Наилучшей является схема двухтактного генератора; вырабатываемые им колебания свободны от четных гармоник. Генератор магнитофона не должен давать большого излучения, так как оно создает помехи радиоприему и может оказывать вредное воздействие на усилитель магнитофона. Поэтому генератор стараются монтировать возможно компактнее, катушку контура наматывают на замкнутом сердечнике, головку стирания и подходящие к ней провода экранируют.

Генераторы магнитофонов строят по схемам с независимым возбуждением, чаще всего с индуктивной или автотрансформаторной обратной связью. На рис. 11 показана одна из таких схем на лампе 6Н1П или 6Н8С. Катушка колебательного контура намотана на четырехсекционном каркасе из текстолита или электрокартона и помещена в карбонильный броневой сердечник СБ-28а (т. е. с внешним диаметром 28 мм). Конденсатор  $C_3$  подбирают по максимуму напряжения на головке стирания ГС. Полупеременным конденсатором  $C_4$  регулируют ток подмагничивания

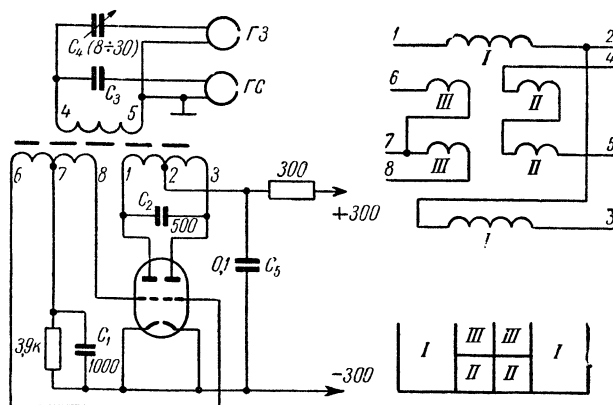


Рис. 11. Схема высокочастотного генератора, расположение его обмоток на каркасе и схема соединения обмоток. Обмотка I (7,75 мГн с сердечником) 2×220 витков ПЭЛ 0,15; обмотка II — 120 витков ПЭЛ 0,25; обмотка III — 2×50 витков ПЭЛ 0,15.

в записывающей головке ГЗ; для увеличения этого тока параллельно конденсатору  $C_4$  иногда включают дополнительный конденсатор емкостью 20—50 пФ. В магнитофоне «Днепр-5» для регулировки тока подмагничивания предусмотрен ряд отводов от выходной обмотки генератора.

В последнее время получает распространение наложение новой записи на ранее сделанную запись (трюковые записи): например, запись комментариев на фоне ранее записанной музыки. При такой записи стирающую головку отключают, и поэтому ранее сделанная запись на ленте лишь частично стирается полем подмагничивающего тока. Для трюковых записей магнитофон должен иметь выключатель, отключающий головку стирания и заменяющий ее эквивалентным по потребляемой мощности резистором.

**Индикатор уровня.** Для контроля уровня записи, т. е. степени намагничивания ленты в процессе записи, в магнитофонах имеются *индикаторы уровня*. О действительной степени намагничивания ленты при записи можно судить, только воспроизведя ее, и поэтому для точного контроля уровня необходимы отдельные магнитные головки и усилители записи и воспроизведения. В магнитофонах широкого применения нет отдельных головок и усилителей и поэтому о намагничивании ленты судят косвенно по напряжению на выходе усилителя, к которому подключена магнитная головка при записи. Индикатором служит чаще всего электронно-световой индикатор типа 6Е1П или 6Е5С.

На рис. 12 приведена схема индикатора на лампе 6Е5С. Вместо входного делителя напряжения из двух постоянных резисторов иногда включают потенциометр, позволяющий плавно регулировать чувствительность индикатора. В процессе записи следят за тем, чтобы затемнен-

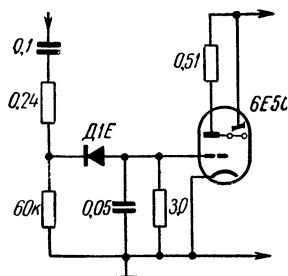


Рис. 12. Схема индикатора уровня.

ный сектор на экране лампы сходился только при самых громких звуках.

В транзисторных магнитофонах в качестве индикатора уровня часто применяют стрелочный прибор, например детекторный вольтметр.

**Лентопротяжный механизм.** В большинстве магнитофонов широкого

применения лентопротяжный механизм содержит один двигатель. При питании от сети переменного тока используют асинхронный двигатель, при питании от автономных источников — коллекторный двигатель постоянного тока с центробежным регулятором скорости вращения.

Во время записи и воспроизведения лентопротяжный механизм должен осуществлять движение магнитной ленты с постоянной скоростью (в двух- и трехскоростных магнитофонах по выбору с одной из скоростей). Ленту приводит в движение *ведущий узел* (рис. 13); при этом она прижимается к ведущему валу 2 свободно вращающимся об резиновым роликом 1 (который называется прижимным). Окружная скорость ведущего вала должна быть равна рабочей скорости ленты. Ведущий вал вращается от двигателя через ременную передачу или с помощью промежуточного ролика. Для получения нескольких рабочих скоростей коэффициент передачи тем или иным способом изменяют. Массивный маховик, соединенный с ведущим валом, делает скорость его вращения более равномерной, уменьшая этим детонацию — «плавание» звука.

При записи и воспроизведении магнитная лента с катушки, установленной на подающем узле 6 (рис. 14), проходит через обводной ролик 7 (вместо него может быть шпилька), по магнитным головкам 8, между ведущим валом 3 (на оси которого имеется маховик 2) и прижимным роликом 4 и наматывается на катушку приемного узла 5. Приемный и подающий узлы должны быть соединены с двигателем 1. Так как

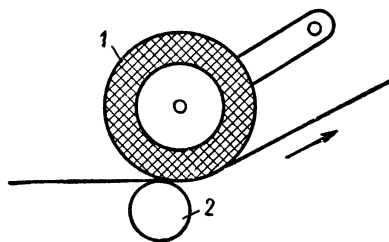


Рис. 13. Ведущий узел.

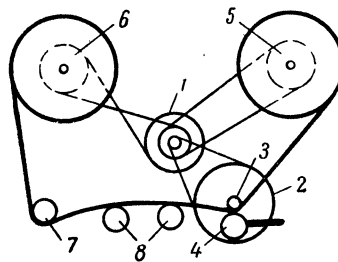


Рис. 14. Кинематическая схема лентопротяжного механизма с одним электродвигателем.

скорости вращения катушек этих узлов изменяются в зависимости от количества ленты на них, то передача вращения катушкам должна производиться через проскальзывающие фрикционы. Подающий узел 6 получает через фрикцион вращение, направленное в сторону, противоположную движению ленты. Это создает натяжение ленты, необходимое для того, чтобы она плотно прилегала к магнитным головкам 8.

В некоторых механизмах лента прижимается к головкам или к обводной шпильке фетровой подушкой. При этом натяжение ленты со стороны подающего узла становится ненужным, и при записи и воспроизведении он не соединяется с двигателем. При ускоренной перемотке ленты в ту или другую сторону прижимной ролик отводят, поэтому он не прижимает ленту к ведущему валу, а вращение катушки подающего (или приемного) узла ускоряется. Для этого обе половины соответствующего фрикциона жестко сцепляют между собой (или включают дополнительный узел с отдельным двигателем).

Важными частями лентопротяжного механизма являются тормоза. Для того чтобы при остановке движения ленты (особенно после ускоренной перемотки) катушки с лентой по инерции не раскручивались, лента не запутывалась и не обрывалась, необходимо ее тормозить. Тормозят ленту только со стороны той катушки, с которой лента сматывалась.

Кинематические схемы лентопротяжных механизмов отличаются друг от друга конструкциями передач вращения, тормозов и системой управления. Существуют механизмы с двумя направлениями движения ленты при записи и воспроизведении и двумя комплектами магнитных головок, расположенными до и после ведущего вала. Принцип их действий такой же, как и лентопротяжного механизма по кинематической схеме, показанной на рис. 14.

**Склейка магнитной ленты.** Для склейки обрывавшейся ленты при ее монтаже применяют специальный клей, состоящий из уксусной кис-

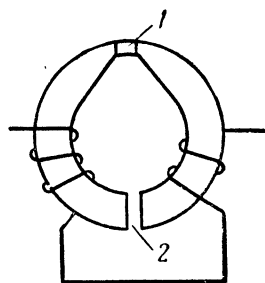


Рис. 15. Кольцевая магнитная головка.

следов намагничивания. Соединять концы ленты можно также, накладывая узкую полоску липкого пластыря, на нерабочие стороны сложенных в стык кусков ленты.

**Хранение магнитной ленты.** Ленту следует хранить при комнатной температуре. Очень вредно продолжительное воздействие на ленту температуры свыше  $30^{\circ}\text{C}$ ; поэтому нельзя ее хранить около отопительных приборов и держать на солнце. От высокой температуры основа ленты высыхает, делается хрупкой и рвется. Высохшую ленту можно несколько улучшить, слегка смочив водой торцы рулона за 10—15 мин до использования ленты. Во избежание коробления ленты нельзя ее держать в сыром помещении. Ленту с записью надо оберегать от воздействия сильных магнитных полей (от мощных трансформаторов, электродвигателей и др.). Нельзя, например, класть ленту на динамический микрофон или громкоговоритель. Для хранения лента должна быть намотана на катушку плотно и иметь неребристую боковую поверхность, иначе возможны смятия и разрывы выступающих краев.

**Магнитные головки.** О принципе действия магнитных головок мы уже говорили выше. Большинство головок имеет кольцевую конструкцию (рис. 15). Сердечник такой головки (из материала с большой магнитной проницаемостью, чаще всего из пермаллоя)<sup>1</sup> состоит из двух половин, между которыми имеются зазоры: рабочий 1 и дополнительный 2. Магнитная лента соприкасается с сердечником головки у рабочего зазора. Чтобы ширина рабочего зазора была постоянной, его заполняют прокладкой из немагнитного материала. У универсальной, записывающей и воспроизводящей головок прокладка делается обычно из фосфористой бронзы, а у стирающей — из слюды. Дополнительный зазор оставляют воздушным.

<sup>1</sup> Пермаллоями называют сплавы никеля и железа с примесями молибдена или других химических элементов. (Прим. ред.)

Размеры зазора зависят от назначения головки и скорости ленты, при которой головка работает. Ширина рабочего зазора у головок записи, воспроизведения и универсальной несколько микрон. Дополнительный зазор универсальной головки и головки записи имеет ширину 100—150 мкм. Он предназначен для ослабления остаточной намагниченности сердечника головки при прохождении через ее обмотку импульса тока во время включения или при случайном увеличении тока во время записи. Стирающая головка имеет наиболее широкий рабочий зазор (100—200 мкм), позволяющий получить плавно спадающее в направлении движения ленты размагничивающее поле.

Сердечники головок склеивают эпоксидным клеем или клеем БФ-4 из отожженных пластин пермаллоя толщиной 0,05—0,25 мм; форма пластин может быть различна, три из них показаны на рис. 16. Для уменьшения потерь энергии на нагревание сердечника стирающей головки (она работает при наиболее сильном магнитном поле) ее сердечник делают иногда из феррита. Ширина сердечника универсальной, записывающей и воспроизводящей головки равна ширине дорожки записи — 2,5 мм для двухдорожечной и 1 мм для четырехдорожечной фонограммы. Ширина сердечника стирающей головки несколько больше — соответственно до 3 и 1,2 мм; это необходимо для того, чтобы запись не оставалась нестертой при неизбежных перемещениях ленты вниз и вверх во время ее движения. Обмотку наматывают непосредственно на сердечник поверх изолирующего слоя лакоткани или на каркас, который надевают потом на сердечник. Некоторые головки имеют соединенные последовательно обмотки на каждой половине сердечника, такие головки менее чувствительны к помехам от внешних источников магнитных полей.

Головки условно разделяют на низкоомные (обмотки до 600—700 витков) и высокоомные. В магнитофонах широкого применения используют, как правило, высокоомные универсальные

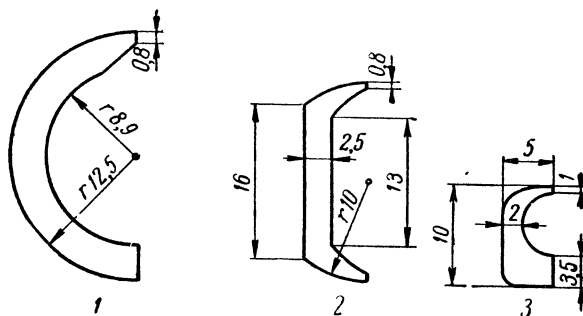


Рис. 16. Три наиболее употребительные формы пластин сердечника магнитной головки.

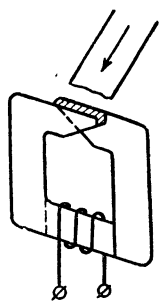


Рис. 17. Простой сердечник магнитной головки.

головки и низкоомные стирающие. В этих магнитофонах применяют головки и более простой конструкции (рис. 17).

**Краткие сведения по эксплуатации магнитофона.** В описании каждого магнитофона приводятся рекомендации по его эксплуатации, которые следует обязательно выполнять. Ниже мы даем советы, относящиеся одинаково ко всем магнитофонам. Соблюдение этих советов поможет повысить качество записи, продлить срок службы магнитофона и сократить количество его ремонтов.

1. Магнитофон надо содержать в чистоте. После каждого сеанса работы лицевую панель необходимо очищать от пыли и осевшегося с ленты магнитного порошка. Чистить надо так, чтобы пыль и порошок не попадали внутрь аппарата. Для чистки полезно иметь две-три кисти разного размера и фланелевые тряпки. Периодически (1 раз в 2—3 мес.) надо снимать лицевую панель магнитофона и чистить его внутри. Чистку надо производить осторожно, чтобы не повредить какую-либо деталь. Капитальную чистку можно совмещать со смазкой магнитофона, производимой в тех местах аппарата и таким маслом, какие указаны в заводском описании. Надо следить, чтобы масло не попадало на поверхности резиновых и обрезиненных деталей. Прижимной и промежуточный ролики лучше всего очищать тряпкой, смоченной в спирте.

2. Не следует непрерывно использовать магнитофон более 3—4 ч во избежание его перегрева. После длительной работы магнитофону надо дать остыть, и только потом надеть на него крышку. Нельзя оставлять в магнитофоне катушки с лентой: находясь долго в нагретом аппа-

рате, магнитная лента станет хрупкой, усилится копирэффект.

3. Магнитофон нельзя выключать из сети, оставив переключатель работ в каком-либо из положений, кроме положения «стоп», так как может деформироваться резина на прижимном или промежуточных роликах.

4. Нельзя дотрагиваться стальными предметами (ножницами, отверткой) к наружным деталям лентопротяжного механизма, с которыми соприкасается магнитная лента, во избежание их намагничивания.

5. Хранить магнитофон надо в сухом месте, но не слишком близко к отопительным приборам.

6. Необходимо контролировать напряжение сети переменного тока, питающего магнитофон. Если напряжение в электросети изменяется более чем на  $+5 \div -10\%$ , надо применять автотрансформатор с вольтметром. Питание повышенным напряжением приведет к преждевременному износу магнитофона и может даже вывести его из строя. При низком напряжении в питающей сети существенно ухудшается качество записи и воспроизведения.

7. Нормальное расстояние говорящего от микрофона 0,5 м. При приближении микрофона звук будет казаться более глухим, при удалении — более звонким, кроме того, в большей степени будет ощущаться объем помещения (увеличится реверберация).

При записи в шумном помещении микрофон следует располагать возможно ближе к источнику звука. При записи группы исполнителей микрофон надо подвешивать в центре группы на высоте 2—2,5 м от пола. При записи на открытом воздухе надо оберегать микрофон от прямого действия ветра; для этого на микрофон можно надеть короткий рупор или козырек из тонкого картона.

## ПРОСТОЙ ЛЮБИТЕЛЬСКИЙ МАГНИТОФОН <sup>1</sup>

Магнитофон смонтирован в футляре размера  $420 \times 260 \times 200$  мм (рис. 1). В него входят лентопротяжный механизм с электродвигателем ДАГ-1 и универсальный усилитель для записи и воспроизведения звука.

Рассчитан магнитофон на две скорости движения ленты: 19,05 и 9,53 см/сек; переход с одной скорости на другую осуществляется путем замены насадки на ведущем валу.

Фонограмма — двухдорожечная на магнитной ленте типа 2 или СН. Катушки диаметром

147 мм вмещают 250 м ленты, что позволяет при скорости движения ленты 19,05 см/сек производить запись в течение 44 мин (по 22 мин на каждой дорожке), а при скорости 9,53 см/сек — 88 мин (по 44 мин на каждой дорожке). Предусмотрена возможность ускоренной (за 2,5—3 мин) перемотки ленты в одну сторону.

В магнитофоне применены два громкоговорителя 1ГД-9 (или 1ГД-18). Они укреплены на передней стенке футляра. Полоса воспроизводимых частот при скорости движения ленты 19,05 см/сек 50—8 000 гц.

Индикатором уровня записи служит лампа 6Е5С.

<sup>1</sup> Детков Е. А., Простой любительский магнитофон, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

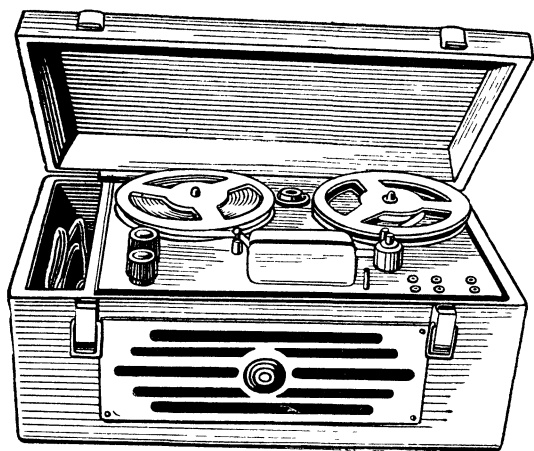


Рис. 1. Внешний вид магнитофона.

Питание магнитофона — сеть переменного тока напряжением 127 или 220 в.

**Лентопротяжный механизм.** Вид сверху на лентопротяжный механизм показан на рис. 2. Катушка 1 с лентой расположена на неподвижном подкатушнике (рис. 3). Конец ленты пропускается с правой стороны направляющей колонки 2 (деталь 7 на рис. 4), закрепленной на лицевой панели, огибает левую направляющую колонку 3, проходит около стирающей 4 и универсальной 5 головок, правой направляющей колонки 6, между насадкой 7 (деталь 2 на рис. 4) ведущего вала и прижимным роликом 8 (деталь 1 на рис. 5) и закрепляется на правой (принимающей) катушке 9. При этом лента движется с левой катушки на правую, касаясь магнитных головок своей рабочей стороной, обращенной внутрь рулона.

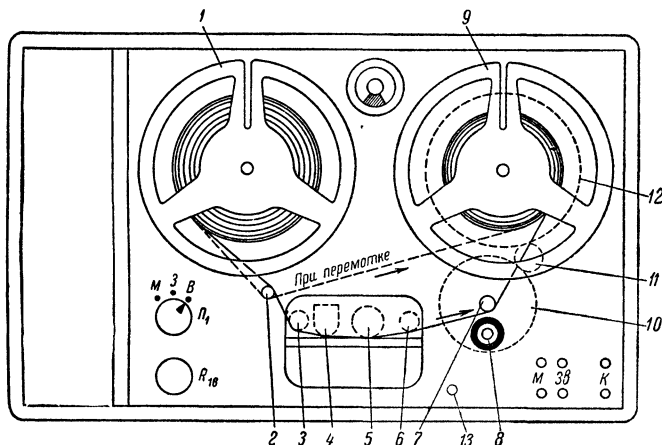


Рис. 2. Вид на лентопротяжный механизм сверху.

1 — подающая катушка; 2 — направляющая колонка; 3 — левая направляющая колонка блока головок; 4 — стирающая головка; 5 — универсальная головка; 6 — правая направляющая колонка блока головок; 7 — насадка ведущего вала; 8 — прижимной ролик; 9 — принимающая катушка; 10 — диск ведущего вала; 11 — насадка на валу электродвигателя; 12 — диск приемной катушки; 13 — шпилька для хранения насадки.

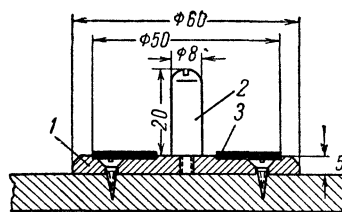


Рис. 3. Левый подкатушник.

1 — диск подкатушника (дюралюминий); 2 — шпилька (сталь); 3 — кольцо (фетр).

На рис. 2 пунктиром показано расположение под панелью диска 10 (деталь 3 на рис. 4) ведущего вала, насадки 11 (деталь 5 на рис. 4) на валу электродвигателя и диска 12 (деталь 3 на рис. 6) принимающей катушки. Электродвигатель при помощи насаженной на его вал насадки передает вращение диску 10 ведущего вала и диску 12 принимающей катушки.

Для упрощения механизма, насадка 11 постоянно сцеплена с дисками 10 и 12. Между этими деталями не должно быть проскальзывания. Регулировка прижима осуществляется положением электродвигателя. Проскальзывание вызывает «плавание» звука, а сильный прижим создает лишнюю нагрузку на электродвигатель и приводит к появлению вмятины на резине, когда магнитофон не работает.

Прижимной ролик 8 укреплен на рычаге и благодаря пружине (деталь 4 на рис. 5) имеет два устойчивых состояния: он может быть прижат к ведущему валу 7 или отжат от него. Перемещают ролик в нужное положение вручную, при этом в момент отжатия ролика его рычаг нажимает на контактную систему и выключает питание электродвигателя. Таким образом, все управление лентопротяжным механизмом сводится к повороту рычага прижимного ролика.

Левый подкатушник (рис. 3) укреплен непосредственно на панели магнитофона. На подкатушник наклеено фетровое кольцо 3. Катушка во время рабочего хода скользит по фетру с некоторым трением, что создает необходимое натяжение ленты.

Ведущий узел (рис. 4) наиболее ответственная часть лентопротяжного механизма. От него во многом зависит равномерность движения ленты, а следовательно, и качество звучания. Ведущий вал 1 лучше всего изготовить из инструментальной стали. Заготовку диска 3 напрессовывают тугой посадкой на заготовку ведущего вала 1, а затем деталь обрабатывают до необходимых размеров. Чтобы избежать «плавания» звука, насадка 2 должна быть тща-





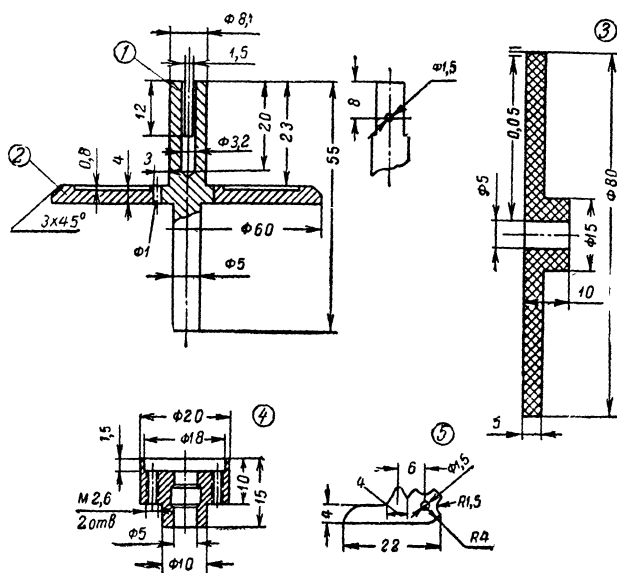


Рис. 6. Правый подкатушник.

1 — ось (сталь); 2 — подкатушник (дюралюминий); 3 — диск (текстолит); 4 — подшипник (бронза); 5 — защелка (листовая сталь толщиной 1,5 мм).

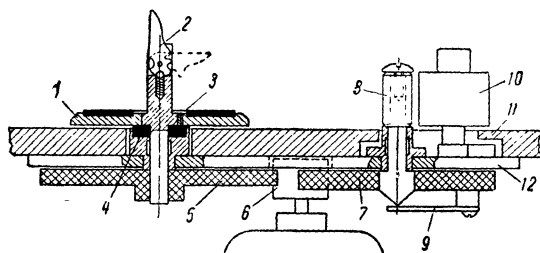


Рис. 7. Узлы лентопротяжного механизма в сборе.

1 — правый подкатушник; 2 — защелка (деталь 5 на рис. 6); 3 — отверстие для смазки; 4 — сальник (фетровое кольцо); 5 — диск правого подкатушника; 6 — насадка на валу электродвигателя; 7 — диск ведущего вала; 8 — насадка ведущего вала; 9 — подпятник; 10 — прижимной ролик; 11 — лицевая панель; 12 — панель лентопротяжного механизма.

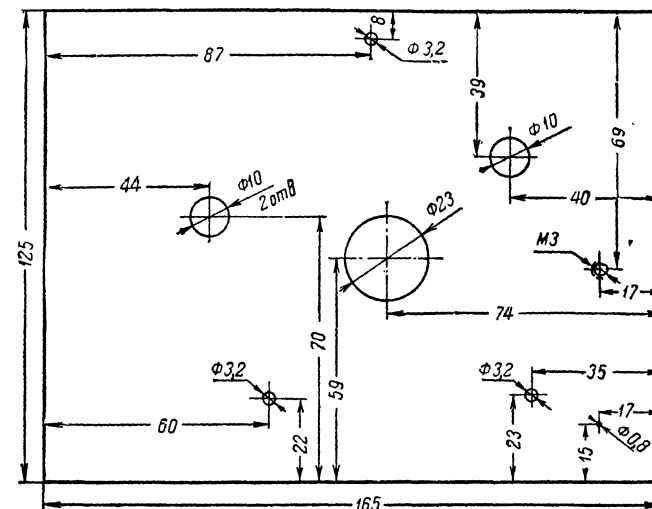


Рис. 8. Панель лентопротяжного механизма.

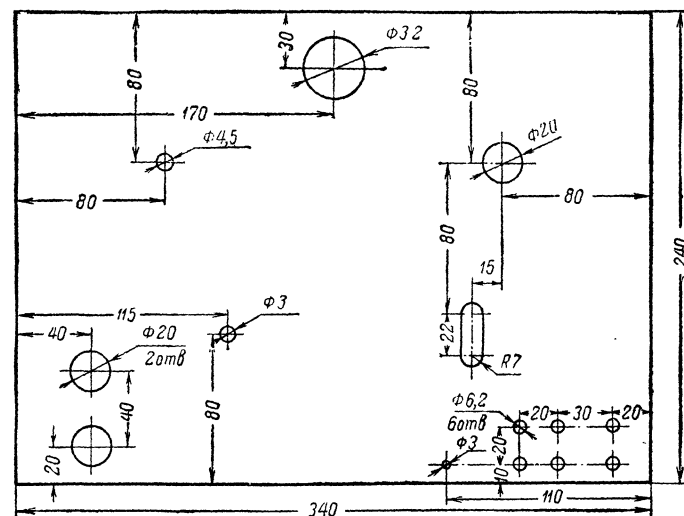


Рис. 9. Лицевая панель.

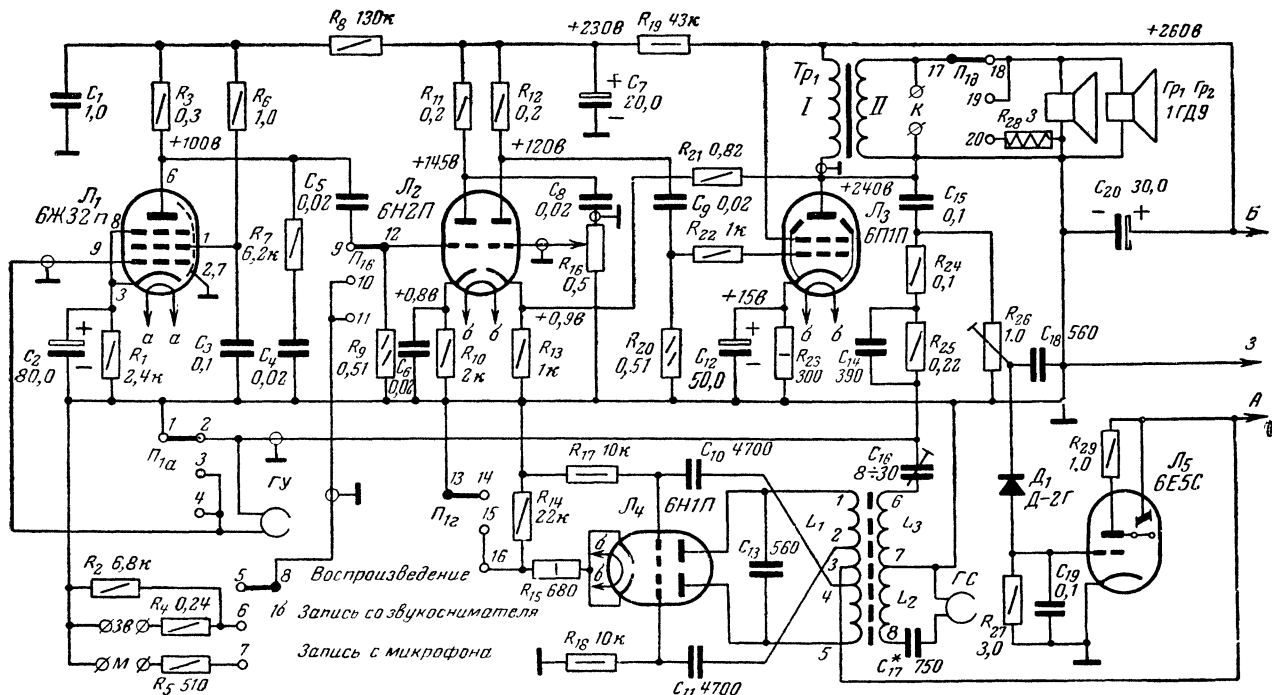


Рис. 10. Принципиальная схема усилителя.

В верхней части оси 1 укрепляют защелку 5, служащую для жесткого сцепления катушки с подкатушкой во время ускоренной перемотки ленты.

При изготовлении диска 3 (рис. 6) следует обратить внимание на то, что он держится на оси 1 благодаря тугой посадке, поэтому отверстие в нем необходимо сделать несколько меньшим.

Во время записи или воспроизведения сцепление подкатушки с приемной катушкой (для передачи ей вращения) происходит путем трения между катушкой и фетровым кольцом, укрепленным в кольцевой выточке подкатушки.

По окончании записи или воспроизведения нужно отжать прижимной ролик, снять с правого подкатушки заполненную лентой катушку и, предварительно перевернув ее, уложить на левый подкатушки. Затем ленту снова заправляют, как показано на рис. 2, и магнитофон опять готов к записи или воспроизведению по второй дорожке.

Основные узлы магнитофона в сборе показаны на рис. 7. Лентопротяжный механизм собран на дюралюминиевой панели толщиной 4 мм (рис. 8). Эту панель прикрепляют шурупами к нижней стороне лицевой панели (рис. 9), изготовленной из фанеры толщиной 8—10 мм.

Так как рычаг прижимного ролика расположен под лицевой панелью, то в ней в соответствующем месте нужно сделать прорезь для его свободного хода.

**Усилитель.** Первый его каскад используется только при воспроизведении. Необходимый подъем на верхних звуковых частотах при записи осуществляется в цепи универсальной головки, когда она подключена к анодной цепи выходной лампы.

В режиме записи сигнал от микрофона или от звукоснимателя подается на сетку левого (по схеме) триода лампы  $L_2$ .

Переход с записи на воспроизведение осуществляется переключателем  $\Pi_1$ . Параллельно анодной нагрузке первого каскада включена цепочка  $R_7C_4$ , ее сопротивление на средних и высоких звуковых частотах относительно невелико, а на низших частотах возрастает.

Так как цепочка  $R_7C_4$  подключена параллельно нагрузке  $R$ , то на нижних звуковых частотах она меньше шунтирует ее, поэтому и усиление каскада на этих частотах возрастает.

Во время записи необходимый подъем на верхних звуковых частотах осуществляется в выходном каскаде цепочкой  $R_{25}C_{14}$ . На средних и нижних звуковых частотах сопротивление ее сравнительно велико. По мере возрастания частоты емкостное сопротивление конденсатора  $C_{14}$  уменьшается, поэтому ток записи, проходящий через головку, с увеличением частоты возрастает.

Генератор выполнен по двухтактной схеме на лампе  $L_4$ . Частота генерируемых колебаний около 50 кГц.

Конструктивно электронная часть магнитофона состоит из двух блоков: блока усили-

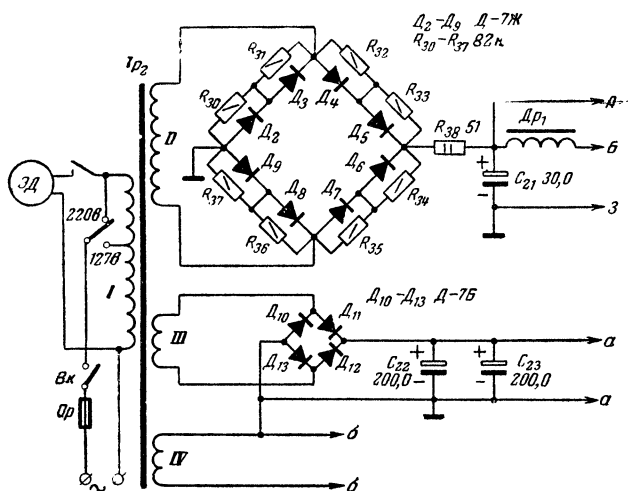


Рис 11. Принципиальная схема выпрямителя.

теля (рис. 10) и блока питания (рис. 11). Выходной трансформатор  $Tr_1$  расположен в блоке питания. Размещение блоков на нижней стороне панели магнитофона показано на рис. 12.

Блок усилителя смонтирован на двух гетинаксовых платах (детали 1 и 2 на рис. 13), которые укреплены с внутренней стороны углового шасси (рис. 14), изготовленного из листового дюралюминия или стали толщиной 1,2—1,5 мм. Плата 1 укреплена на вертикальной части шасси винтами, закрепляющими ламповые панельки. Плата 2 и переключатель  $\Pi_1$  укреплены на горизонтальной части шасси.

К прикрепленным к платам монтажным лепесткам припаивают выводы резисторов и конденсаторов, руководствуясь принципиальной (рис. 10) и монтажной (рис. 15) схемами усилителя. При монтаже следует пользоваться также принципиальной схемой, так как монтажная схема служит только для ориентировки расположения деталей.

Некоторые провода, например питания, а также детали, например резисторы  $R_4$  и  $R_5$ , на монтажной схеме не показаны. Эти резисторы припаивают непосредственно к гнездам, к которым они относятся. Средние лепестки ламповых панельки  $\Lambda_1$ ,  $\Lambda_2$  и  $\Lambda_3$  соединяют с «нулевой шиной», которую присоединяют к шасси вблизи лампы  $\Lambda_3$ . Шина должна быть изготовлена из луженого провода диаметром 0,9—1 мм. Цепи накала монтируют двумя скрученными проводами, один из

которых соединяют с шасси выпрямителя. Провода, идущие к универсальной головке, регулятору громкости, гнездам микрофона и звукоснимателя, должны быть экранированными. Экраны проводов соединяют непосредственно с шасси, а нулевые провода, идущие от регулятора громкости, микрофона и звукоснимателя, соединяют с нулевой шиной около каскада, к которому они относятся. Стирающая головка подключена двумя свитыми незэкранированными проводами кратчайшим путем. Все металлические детали, а также корпуса громкоговорителей соединяют между собой и с шасси усилителя гибким проводом.

Громкоговорители должны иметь разные частоты собственного резонанса — 100 и 150 гц (они указываются на корпусах громкоговорителей). Двухплатный переключатель  $\Pi_1$  применен типа ЗПБН. Его необходимо разобрать и установить так, чтобы горизонтальная часть шасси усилителя служила экраном между платами. На стягивающих переключатель шпильках, выступающих над платой с секторами  $\Pi_{1a}$ — $\Pi_{1b}$ , устанавливают дополнительную экранирующую пластинку.

Шасси прикрепляют к панели при помощи переключателя и угловой скобы. Так как фанерная панель имеет большую толщину, переключатель и регулятор громкости привинчивают к дюралюминиевой пластинке (деталь 2 на рис. 14), которую прикрепляют шурупами к лицевой панели с нижней стороны.

Катушки генератора наматывают на каркас и помещают в карбонильный броневой сердечник СБ-28а. Сердечник прикрепляют к шасси вблизи лампы  $\Lambda_4$  латунным винтом, проходящим

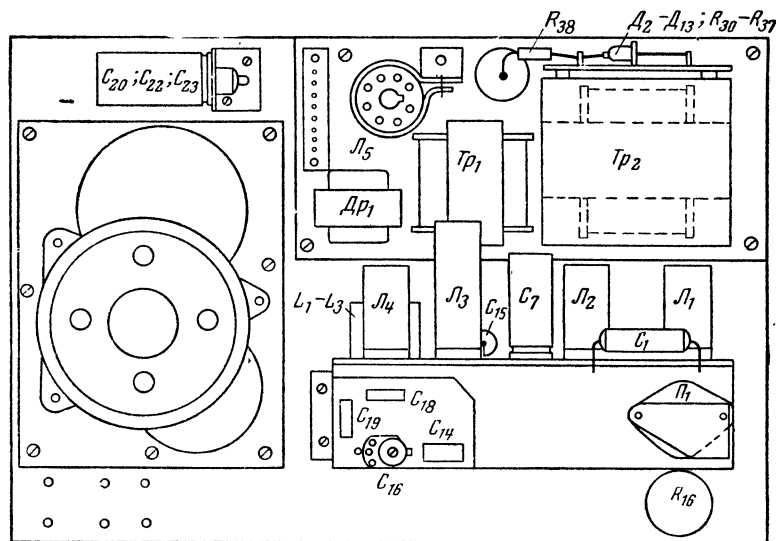


Рис. 12. Расположение деталей основных узлов магнитофона с нижней стороны лицевой панели.

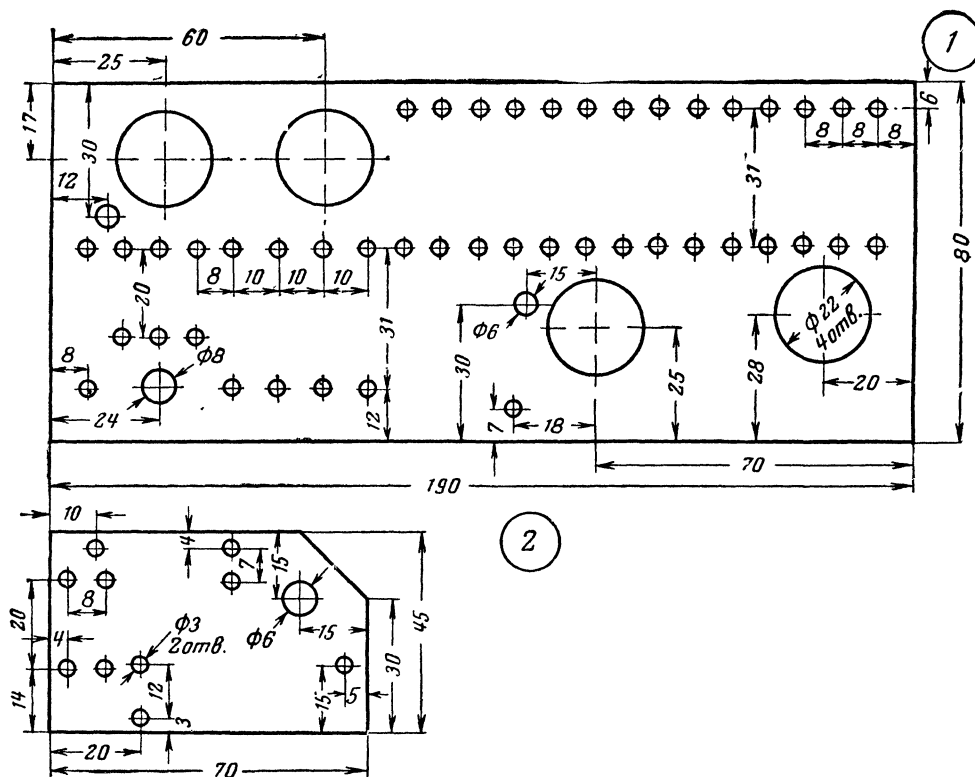


Рис. 13. Монтажные платы.

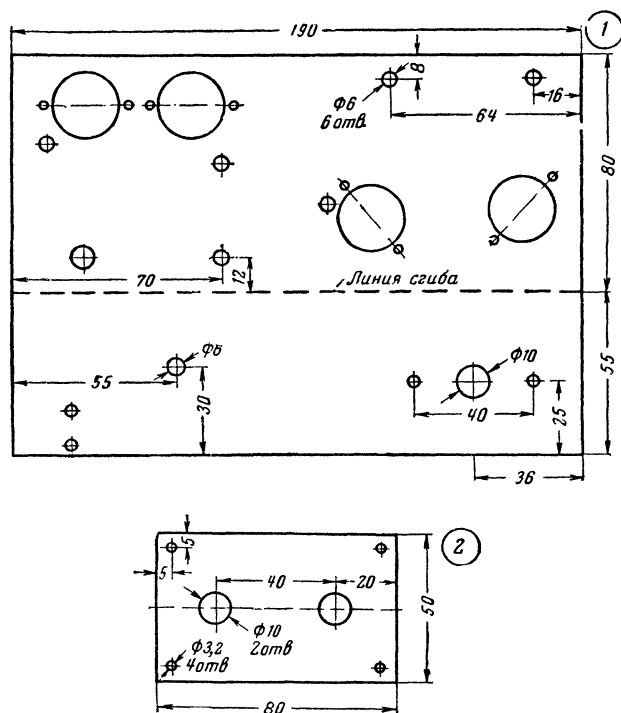


Рис. 14. Шасси блока усилителя.

через его отверстие. Сверху и снизу сердечника необходимо подложить шайбы из изоляционного материала.

Катушка  $L_1$  состоит из  $150+50+50+150$  витков провода ПЭЛШО 0,1 мм. Катушка  $L_2$  содержит 140 витков провода ПЭЛ 0,15 мм, а  $L_3$  — 300 витков провода ПЭЛ 0,1 мм.

Выходной трансформатор  $Tr_1$  собран на сердечнике Ш-20×30 мм. Сердечник собирают с зазором 0,1—0,15 мм. Обмотка I намотана проводом ПЭЛ 0,15 мм; она содержит 2 000 витков. Обмотка II намотана проводом ПЭЛ 0,7 мм и содержит 65 витков. Можно использовать готовый выходной трансформатор, например от телевизора «Рубин».

Трансформатор питания  $Tr_2$  собирают на сердечнике сечением 10 см<sup>2</sup>. Сетевая обмотка I содержит 610 витков провода ПЭЛ 0,35 мм + 440 витков провода ПЭЛ 0,25 мм. Повышающая обмотка II содержит 1 150 витков провода ПЭЛ 0,15 мм. Обмотки накала ламп содержат по 32 витка; обмотка III намотана проводом ПЭЛ 0,35 мм, а обмотка IV — проводом ПЭЛ 0,85 мм.

Трансформатор питания может быть источником фона частотой 50 гц; поэтому его нужно заключить в стальной экран и по возможности



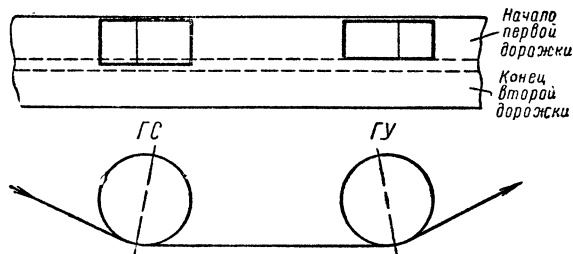


Рис. 16. Расположение головок относительно магнитной ленты.

мягкой листовой стали. Готовый экран нужно отжечь. Для этого его нагревают до ярко-красного свечения и затем медленно (в течение 4—5 ч) охлаждают.

Очень важно правильно отрегулировать положение головок по отношению к ленте (рис. 16); она должна плотно соприкасаться с сердечником головок, рабочие зазоры которых должны находиться примерно в середине участка касания головок лентой. Рабочий зазор головки должен быть строго перпендикулярен к краю ленты. Несоблюдение этого условия приводит к значительному уменьшению усиления в области верхних звуковых частот при воспроизведении магнитофильмов, записанных на других магнитофонах. Перпендикулярность зазора устанавливают по измерительной ленте. При воспроизведении универсальную головку нужно слегка наклонять в разные стороны и, найдя лучшее положение по максимуму громкости, закрепить ее в этом положении. Если нет измерительной ленты, то более или менее удовлетворительные результаты могут быть достигнуты при использовании магнитофильма с профессиональной записью музыкального произведения, в котором преобладают высокие тона.

Головки размещают на пластине из мягкой стали размерами  $90 \times 52 \times 2$  мм. Универсальную головку регулируют путем подкладывания тонких шайб под закрепляющие винты. Весь блок прикрепляют к панели шурупами. Пластины заземляют на шасси усилителя. Крышку можно изготовить из любого материала или использовать пластмассовую коробку подходящего размера.

**Налаживание усилителя** начинают с проверки монтажа. Если все соединения сделаны правильно, то можно включить усилитель в электросеть и приступить к проверке режимов работы ламп. Вольтметр, применяемый для этих целей, должен иметь внутреннее сопротивление не менее  $5000 \text{ ом/в}$  (можно применить тестер ТТ-1 или Ц-20). Измеренные напряжения могут отличаться от указанных на схеме на  $\pm 20\%$ .

Затем в режиме воспроизведения необходимо по измерительной ленте или магнитофильму отрегулировать положение универсальной головки.

Если при воспроизведении будет наблюдаться «плавание» звука, то причиной этого всегда бывает неравномерность движения ленты, вызванная несовершенством вращающихся деталей (эксцентриситет, неправильная регулировка положения двигателя или прижимного ролика).

Добившись удовлетворительной работы магнитофона в режиме воспроизведения, переходят к регулировке усилителя в режиме записи. Вначале подбирают оптимальный ток подмагничивания. Для этого на вход усилителя подают сигнал частотой  $1000 \text{ гц}$  от звукового генератора и производят несколько пробных записей при различных значениях емкости конденсатора  $C_{16}$ . Затем, воспроизводя эти записи, по наибольшей громкости определяют оптимальное значение емкости этого конденсатора. В некоторых случаях может потребоваться включение параллельно конденсатору  $C_{16}$  конденсатора постоянной емкости (емкость его подбирают).

Нормальный ток записи определяют следующим способом. Воспроизводя измерительную ленту или магнитофильм с профессиональной записью, замечают выходное напряжение при определенном положении регулятора громкости. Выполнив затем несколько записей на чистой ленте при различных положениях этого регулятора, отмечают положение, при котором выходное напряжение при воспроизведении записи будет равно напряжению, полученному от магнитофильма, и изменением сопротивления резистора  $R_{26}$  добиваются минимально возможной узкой светлой полоски на экране электронно-светового индикатора, что и будет соответствовать нормальному току записи.

Величину тока стирания регулируют подбором емкости конденсатора  $C_{17}$ .

**Футляр магнитофона.** Лентопротяжный механизм и усилитель с выпрямителем помещают в деревянный футляр, оклеенный дерматином (рис. 17). Боковые стенки футляра изготавли-

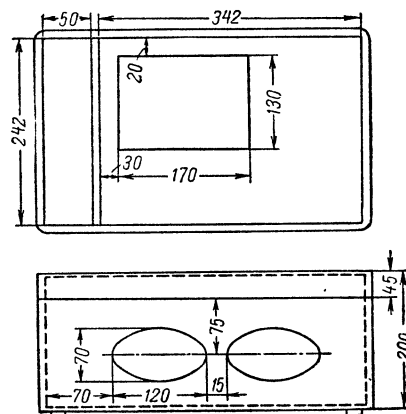


Рис. 17. Футляр магнитофона.

вают из фанеры толщиной 8 мм. В задней стенке делают отверстия, а в передней — два выреза для громкоговорителей. Дно футляра имеет вырез, закрытый крышкой с вентиляционными отверстиями. Отсек для катушек с лентой оклеивают внутри сукном. В отсеке помещается шнур,

заканчивающийся штепсельной вилкой для включения магнитофона в электросеть. В нем также размещены предохранитель и переключатель напряжений сети. Крышка футляра съемная. Для переноски магнитофона на правой стенке футляра имеется ручка.

## КАК ВЫБРАТЬ И ПРОВЕРИТЬ МАГНИТОФОН ПРИ ПОКУПКЕ <sup>1</sup>

До того, как остановить свой выбор на том или ином типе магнитофона, полезно предварительно просмотреть инструкции, прилагаемые к аппаратам, и ознакомиться с возможностями последних. В инструкции обычно указываются качественные показатели магнитофона, из которых наиболее важными являются: скорость движения ленты, вместимость катушек, длительность звучания, соответствующая одной дорожке записи, диапазон частот, источник питания (электросеть или батарея) и др. Сравнивая свои требования, предъявляемые к звукозаписывающему устройству, с конкретными возможностями того или иного аппарата, можно из существующих конструкций выбрать себе наиболее подходящий магнитофон.

Если приобретаемый магнитофон предназначен главным образом для записи речи (лекций, докладов), то в этом случае удовлетворительное звучание можно получить, применяя магнитофоны даже простых конструкций, а значит, и более дешевые. При этом желательно выбрать магнитофон с большей длительностью записи. Поэтому для таких целей может подойти магнитофон «Астра-2», в котором удовлетворительное звучание сочетается с большой длительностью непрерывной работы. В этом магнитофоне при скорости ленты 4,76 см/сек время записи одной дорожки достигает 2 ч.

Любителю классической музыки, обращаящему внимание не столько на длительность непрерывного звучания, сколько на его качество, больше подойдут магнитофоны «Тембр», «Яуза-10», «Комета» или хороший экземпляр любого другого бытового магнитофона. Последний из перечисленных аппаратов удобен тем, что имеет три скорости движения ленты (19,05, 9,53 и 4,75 см/сек), что позволяет использовать его как для записи музыки (на большей скорости), так и для длительных речевых записей (на меньшей скорости). Магнитофон «Тембр» отличается тем, что он содержит в своем устройстве два усилителя: один из них служит только для записи на ленту, а другой — для воспроизведения. Это обстоятельство делает возможным,

практически без задержки во времени, непосредственно во время записи осуществлять слуховой и визуальный контроль качества произведенной записи, причем имеется возможность немедленно улучшить ее, оперируя ручкой регулятора усиления в канале записи, что очень важно для уменьшения искажений и для уверенного получения хороших записей. В большинстве же бытовых магнитофонов с одним универсальным (используемым поочередно или в режиме записи, или в режиме воспроизведения) усилителем невозможно во время записи вести контроль ее качества, а следовательно, и нельзя оперативно вносить в нее коррективы.

Выбрав магнитофон, можно приступить к его проверке.

Естественно, что во время покупки в условиях магазина невозможно, да и нет необходимости, проверять соответствие всех фактических качественных показателей магнитофона с указанными в его инструкции. Для проверки электрической части аппарата достаточно внимательно прослушать на нем магнитофильмы с записью разнообразных музыкальных произведений. При этом оценивать частотные (и нелинейные) искажения магнитофона в области высших звуковых частот рабочего диапазона (7 000—12 000 гц) удобно с помощью магнитофильмов, в программе которых преобладают высокие тона (скрипка, флейта). Такую же оценку в области низших частот (40—100 гц) можно сделать, воспроизводя магнитофильмы с записью произведений, в которых преобладают низкие тона (контрабас, фанга и др.). Такие магнитофильмы обязательно должны иметься в магазинах и, прослушивая их, покупателю легко судить о качестве приобретаемого магнитофона.

В магнитофоне наиболее часто наблюдаются дефекты в лентопротяжном механизме. Основная его задача заключается, во-первых, в том, чтобы на заданной скорости равномерно протягивать ленту около магнитных головок во время записи и воспроизведения и, во-вторых, он должен ускоренно перематывать ленту в прямом и обратном направлениях, а также быстро останавливать ее как во время записи или воспроизведения, так и во время перематки.

<sup>1</sup> Журнал «Радио», 1965, № 4.



Особенно часты случаи, когда лентопротяжный механизм не справляется со своей первой задачей, т. е. движение ленты в нем происходит недостаточно равномерно. Заметить этот дефект можно на слух. Проявляется он в виде своеобразного «плавания» звука.

Неравномерность движения ленты в магнитофоне обусловлена несовершенством изготовления вращающихся деталей лентопротяжного механизма и электродвигателя.

Для оценки магнитофона на «плавание» звука в салоне по продаже магнитофонов обязательно должна иметься лента с записью чистого тона (3 000—5 000 *гц*) и магнитофильм, содержащий записи медленной игры на рояле. Во время воспроизведения ленты с записью чистого тона не должно быть очень заметного на слух периоди-

ческого изменения тональности. Во время воспроизведения магнитофильма с записью медленной игры на рояле, последняя должна звучать естественно, без неприятных подвываний.

Часто в магазинах во время проверки магнитофона покупателю воспроизводят магнитофильмы с низкокачественной записью легкой музыки, что совершенно недопустимо, так как вводит покупателя в заблуждение. При воспроизведении записей речи, выполненных в магазине в присутствии покупателя, можно лишь сделать заключение, что аппарат способен записывать и воспроизводить, что в нем нет крупных дефектов: вышедшей из строя лампы, поломки в лентопротяжном механизме и др., но совершенно невозможно судить о качестве работы проверяемого аппарата.

## ЛИТЕРАТУРА

Козырев А., Фабрик М., Конструирование любительских магнитофонов, изд. 2-е исправленное и дополненное, изд. ДОСААФ, 1959.

В книге популярно излагаются физические явления, происходящие при магнитной записи звука, а также принципы конструирования основных узлов лентопротяжных механизмов и усилительных устройств.

В книге представлено несколько современных кинематических схем лентопротяжных механизмов, рассказано об использовании в магнитофонах полупроводниковых приборов и дано полное описание двух конструкций магнитофонов, изготовленных авторами.

Дороватовский П., Иванов В., Ответы на вопросы радиолюбителей, изд-во ДОСААФ, 1960.

Книга представляет собою справочник, отвечающий на вопросы, интересующие радиолюбителей-конструкторов в их повседневной работе. Ответы даются в форме, доступной для начинающих радиолюбителей. В книге имеется раздел: Звукозапись и электроакустика.

Васильев Г. А., Запись звука на целлулоидных дисках, Госэнергоиздат, 1961 (Массовая радиобиблиотека).

В брошюре рассмотрен новый метод механической записи грампластинок прямого воспроизведения. Основное преимущество грампластинок прямого воспроизведения в простоте их изготовления и эксплуатации. Наиболее распространенными из них стали целлулоидные пластинки. Но эти пластинки при обычном методе записи имеют низкое качество звучания и кратковременность записи (3—5 *мин*).

Новый, более совершенный метод записи на целлулоидных пластинках, излагаемый в брошюре, — метод резания-оплавления. Он заключается в том, что резец во время записи нагревается токами высокой частоты. Грани звуковых капавок, вырезаемых горячим резцом, одновременно «оплавляются», становятся более гладкими. Это позволяет значительно уменьшить скорость и улучшить качество записи.

При таком методе стало возможным производить высококачественные записи на скоростях  $16\frac{2}{3}$  и даже  $8\frac{1}{3}$  *об/мин* и увеличить длительность звучания до 2—4 *ч*.

Якубашк Г., Практика магнитной звукозаписи, Сокращенный перевод с немецкого, Госэнергоиздат, 1962 (Массовая радиобиблиотека).

Брошюра содержит советы по методике записи и монтажу ленты. Приводятся сведения по магнитофонам, усилителям низкой частоты, микрофонам и акустике.

Борисов Е. Г. и Самодуров Д. В., Аппаратура для озвучивания любительских фильмов, Госэнергоиздат, 1963 (Массовая радиобиблиотека). Брошюра посвящена вопросам озвучивания кинофильмов в любительских условиях.

Василевский Ю. А., Практика магнитной записи звука, Госэнергоиздат, 1963 (Массовая радиобиблиотека).

Рассматриваются принцип действия и устройство магнитофона, а также различные применения его для записи музыки и речи.

Книга рассчитана на радиолюбителей, начинающих практически знакомиться с магнитной звукозаписью, и на владельцев магнитофонов, желающих больше узнать об их устройстве и интересующихся практическими советами по использованию магнитофонов.

Курбатов Н. В. и Яновский Е. Б., Справочник по магнитофонам, Госэнергоиздат, 1963 (Массовая радиобиблиотека).

Приводятся данные 15 типов магнитофонов широкого применения. Даются описания конструкций, принципиальные и кинематические схемы, рекомендации по эксплуатации, ремонту и регулировке.

Готовится новое, переработанное и дополненное издание. Выйдет в 1966 г.

Ганзбург М. Д., Электродвигатели для магнитофонов, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека, Справочная серия).

Приводятся краткие справочные сведения о электродвигателях постоянного и переменного тока, применяемых в отечественных магнитофонах, и даются практические указания по их выбору.

Детков Е. А., Простой любительский магнитофон, изд. 2-е, дополненное, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

Описание простого самодельного любительского магнитофона, предназначенного для речевых и музыкальных записей.

Брошюра предназначена для начинающих радиолюбителей, интересующихся магнитной записью звука. Описание этой конструкции полностью приводится в Хрестоматии.

Л а б у т и н В. К., Книга радиомастера, изд. 3-е, переработанное и дополненное, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

В книге имеется глава о магнитофонах, написанная В. Г. Корольковым, которая приводится в Хрестоматии в новой сокращенной редакции.

Д о л ь н и к А. Г., Э ф р у с с и М. М., Как сделать радиоустановку с хорошим звучанием, изд-во ДОСААФ, 1965.

Содержание книги делится на две части: в первой излагаются некоторые теоретические сведения, на основе которых рассчитываются звуковоспроизводящие устройства, во второй приводятся практические сведения, расчетный и справочные материалы.

К о р о л ь к о в В. Г. Испытания и регулировка магнитофонов, изд-во «Энергия», 1965 (Массовая радиобиблиотека).

Рассматриваются виды испытаний и регулировки магнитофонов и их узлов в любительских условиях и также в условиях производства и в процессе эксплуатации.

Описываются особенности испытаний стереофонических и многодорожечных магнитофонов.

К у р б а т о в Н. В. и Я н о в с к и й Е. Б. Узлы и детали магнитофонов, изд-во «Энергия», 1965 (Массовая радиобиблиотека).

Книга, рассчитанная на владельцев магнитофонов и радиолюбителей, призвана помочь правильно эксплуатировать магнитофон и ремонтировать его в домашних условиях. Она может быть полезна и при конструировании магнитофонов, облегчая разработку отдельных его узлов и аппарата в целом.

Приводится описание узлов и деталей массовых отечественных магнитофонов. Рассматриваются кинематические схемы лентопротяжных механизмов, взаимодействие узлов и деталей.

Дается обзор магнитных головок, усилителей, генераторов и подмагничивания, блоков питания и систем управления работой магнитофонов.

П а у л и н З. Чудеса звука, сокращенный и пере-

работанный перевод с чешск., изд-во «Энергия», 1965 (Массовая радиобиблиотека).

Книга, предназначенная для широкого круга радиолюбителей в популярной форме знакомит читателя с основами электроакустики, возникновением звуковых волн, преобразованием звуковой энергии в электрическую и воспроизведением звука в любительских условиях.

Описываются различные системы микрофонов и громкоговорителей, расстановка их при монографическом и стереофоническом воспроизведении звука; рассматриваются различные усилители и корректировка их частотных характеристик.

С п р а в о ч н и к н а ч и н а ю щ е г о р а д и о л ю б и т е л я под общей редакцией Р. М. Малинина, изд-во «Энергия», 1965 (Массовая радиобиблиотека).

Шестая часть справочника «Звуковоспроизведение и звукозапись» содержит материал о громкоговорителях, акустике радиоприемников, воспроизведении грампластинных записей (звукосниматели, электропроигрывающие устройства, электродвигатели для грампластинных проигрывателей и радиол) и магнитной записи звука (принцип магнитной записи, характеристики магнитофонов, магнитная лента, магнитные головки, лентопротяжные механизмы, усилители магнитофонов, генераторы высокой частоты, наладивание магнитофонов, микрофоны, диктофоны).

С а м о д у р о в Д. В. Переносные электропроигрыватели (радиограммофоны), изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

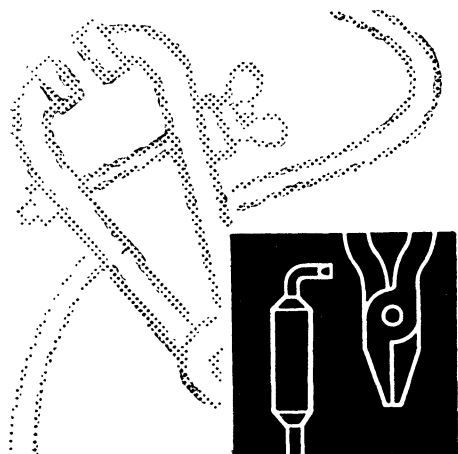
Описание трех несложных конструкций проигрывателей для воспроизведения монофонических и стереофонических грампластинных пластинок.

Ф и л а т о в И. С. Двухканальный усилитель низкой частоты и звуковая колонка, Изд-во «Энергия», 1965 (Массовая радиобиблиотека).

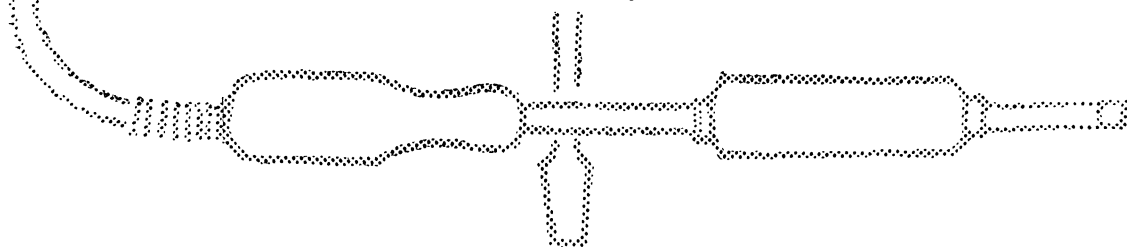
В брошюре, рассчитанной на широкие круги радиолюбителей, описан простой двухканальный усилитель. Совместно с разнесенной акустической системой он позволяет простыми средствами добиться звучания, приближающегося к естественному.



## Глава девятая



# КОНСТРУИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ РАДИОАППАРАТУРЫ



### РАБОЧЕЕ МЕСТО РАДИОЛЮБИТЕЛЯ <sup>1</sup>

При изготовлении радиоаппаратуры в домашних условиях радиолюбитель испытывает ряд затруднений, связанных с тем, что трудно совместить жилую комнату с мастерской. Постоянное рабочее место, если для него найдется уголок, не должно нарушать уюта комнаты, должно гармонировать с ее обстановкой.

#### ПЕРЕДВИЖНОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО

Когда у радиолюбителя нет определенного места, где бы он мог расположиться и работать постоянно, ему приходится довольствоваться передвижным рабочим местом, состоящим из подноса, кассетницы для инструмента, деталей и коробок, в которых хранятся детали и само изделие. В отдельной коробке находится громоздкий или редко используемый инструмент (рис. 1). Коробка и ящик могут быть изготовлены из картона или фанеры. Можно использовать достаточно прочные готовые картонные коробки, оклеив их дерматином, гранитолем или «мраморной» бумагой.

**Поднос.** Радиолюбитель располагает для своей работы часто ограниченным временем, которое хочется использовать рационально. Если не

пользоваться специальными приспособлениями, то много времени отнимет подготовка к работе (подбор нужных деталей и инструментов, раскладка их на столе). После окончания работы также требуется время для уборки стола. В результате — времени для непосредственной работы остается очень мало. При таких условиях радиолюбителю приходится работать лишь тогда, когда имеется достаточно свободного времени. Чтобы можно было использовать для работы любое свободное время, даже небольшое (например, 15—20 мин), нужно сделать простое приспособление — поднос (рис. 2). Он изготавливается из листа фанеры размером 650 × 500 мм, толщиной 5 мм, к которому по краям прибивают планки. На подносе раскладывают инструмент и детали, а затем ставят его на свободный стол. Если нужно прервать работу и освободить стол, то достаточно только снять поднос. В то же время на подносе все инструменты и детали останутся лежать так, как они лежали в момент прерванной работы. Их не надо убирать или раскладывать снова.

Снятый со стола поднос надо куда-нибудь убрать. Место для хранения подноса можно отыскать легко, — например, под столом. Для этого нужно под крышкой стола укрепить две деревянные планки или металлические скобы, на которые ставят поднос.

<sup>1</sup> Бортновский Г. А., Рабочее место радиолюбителя, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

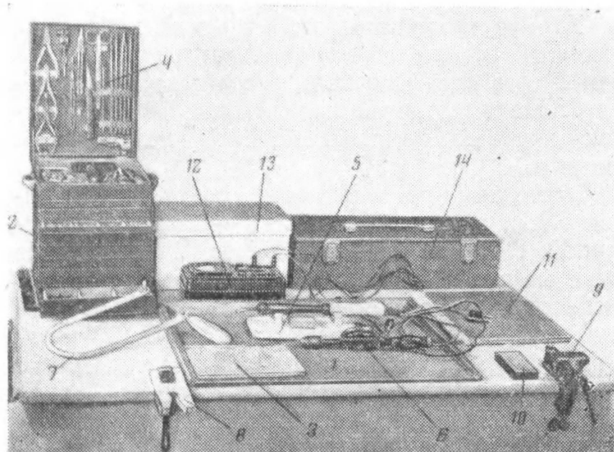


Рис. 1. Передвижное место радиолюбителя.

1 — поднос; 2 — кассетница; 3 — накладка; 4 — набор инструмента; 5 — паяльник на подставке; 6 — дрель; 7 — лобзик; 8 — струбника для лобзика; 9 — настольные тиски; 10 — стальная плита; 11 — папка для хранения листового материала; 12 — тестер; 13 — коробка для деталей; 14 — ящик для громоздкого или редко используемого инструмента.

В том случае, когда для рабочего места используется письменный стол, поднос удобнее хранить между тумбами (при двухтумбовом столе) или между тумбой и ножками (при однотумбовом). Для этого на тумбах стола закрепляют две планки, по которым вдвигают поднос.

Можно переделать ящик стола и использовать его в качестве подноса (рис. 3, а). Для этого заднюю стенку ящика делают откидной и закрепляют ее крючками. Во время работы ящик вынимают из своего гнезда и ставят на стол задней стенкой вперед; при этом крючки отстегивают, и стенка откидывается (рис. 3, б).

В квартирах, где имеется шкаф, вделанный в стену, — поднос можно изготовить по размеру шкафа и вдвигать его туда, как полку. Для этого в верхней части шкафа прибивают к его боковым стенкам две рейки.

После изготовления поднос покрывают с помощью кисти олифой. Когда олифа высохнет,

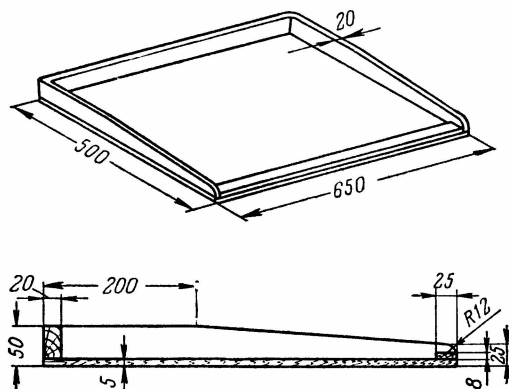


Рис. 2. Поднос,

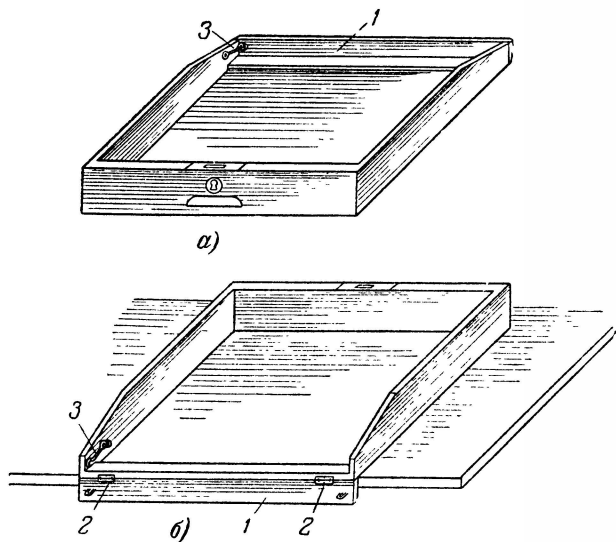


Рис. 3. Поднос из ящика от стола.

а — нерабочее положение; б — рабочее положение. 1 — откидная крышка; 2 — петли; 3 — крючки.

его покрывают олифой вторично. Снизу поднос следует оклеить какой-либо материей (лучше всего подходит для этого байка или сукно), для того чтобы он не царапал стол, на котором будет лежать при работе.

Как показал опыт, у подноса быстрее всего изнашиваются передняя планка и передние концы боковых планок; на этих частях подноса появляются царапины от действия напильников и сверл. Поврежденным оказывается и его фанерное дно. Через один-два года поднос приобретает такой вид, что его приходится выбрасывать. Для того чтобы продлить срок службы подноса, на его дно наклеивают линолеум или резину, а на переднюю и боковые планки прибивают маленькими гвоздями защитные полоски из фанеры (рис. 4). Эти планки ни в коем

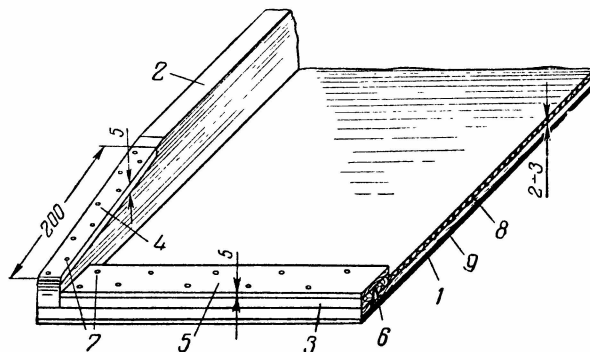


Рис. 4. Усовершенствованный поднос.

1 — основание; 2 — боковые планки; 3 — передняя планка; 4 — защитная накладка на боковые планки; 5 — защитная накладка на переднюю планку; 6 — шурупы; 7 — гвоздики; 8 — линолеум; 9 — сукно или байка.

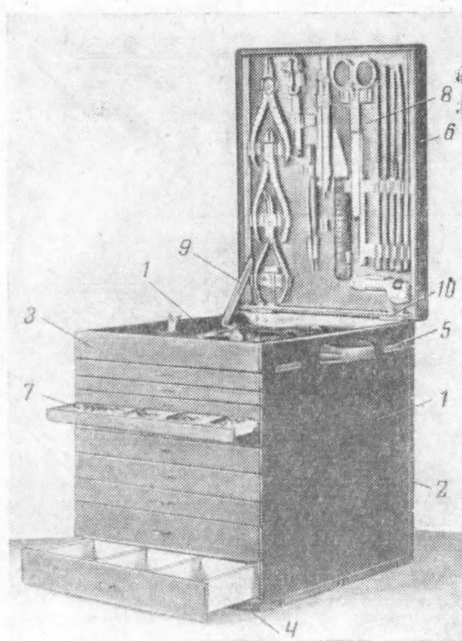


Рис. 5. Кассетница.

1 — боковые стенки; 2 — задняя стенка; 3 — передняя стенка (планка); 4 — основание; 5 — перегородка (дно инструментального отсека); 6 — крышка; 7 — направляющие; 8 — доска для крепления инструмента; 9 — распорка-крючок; 10 — петли.

случае нельзя приклеивать к планкам подноса, так как через некоторый промежуток времени (когда они будут повреждены) защитные полоски заменяют новыми. Красят поднос олифой после того, как прибиты защитные полоски.

Поднос должен быть прочным, поэтому планки приклеивают к фанерному основанию столярным или казеиновым клеем и привинчивают шурупами.

На подносе всегда должна находиться накладка (фанерная дощечка размерами  $150 \times 150 \times 10$  мм), на которой просверливаются отверстия в деталях. Накладка предохраняет поднос от повреждений при сверлении и других механических работах с деталями.

**Кассетница.** Для экономии времени важно так хранить детали, чтобы поиск каждой из них отнимал минимальное время. Для хранения мелких и средних по величине деталей лучше всего сделать кассетницу, т. е. шкафчик с десятью выдвижными ящичками разной высоты (рис. 5). Эту же кассетницу можно использовать и для хранения инструментов, которые прикрепляют к крышке кассетницы, а часть их лежит в углублении верхней части ее.

Корпус кассетницы состоит из двух боковых стенок 1, задней стенки 2, передней 3, основания 4, дна инструментального отсека 5 и крышки 6. На внутренней поверхности боковых стенок укреплены направляющие 7 для выдвижных ящичков.

Кассетницу изготавливают из фанеры толщиной 5 мм, а ее дно (деталь 4) — из фанеры толщиной 8 мм и картона. Чертежи деталей из фанеры (рис. 6) имеют некоторые отступления от общепринятой системы. Сделано это для того, чтобы облегчить вычерчивание деталей на миллиметровке, а также для экономии места. Детали расположены на чертеже так, что шипы одной стенки находятся напротив выемок сопрягаемой стенки; это позволило одними и теми же линиями обозначить размеры двух деталей.

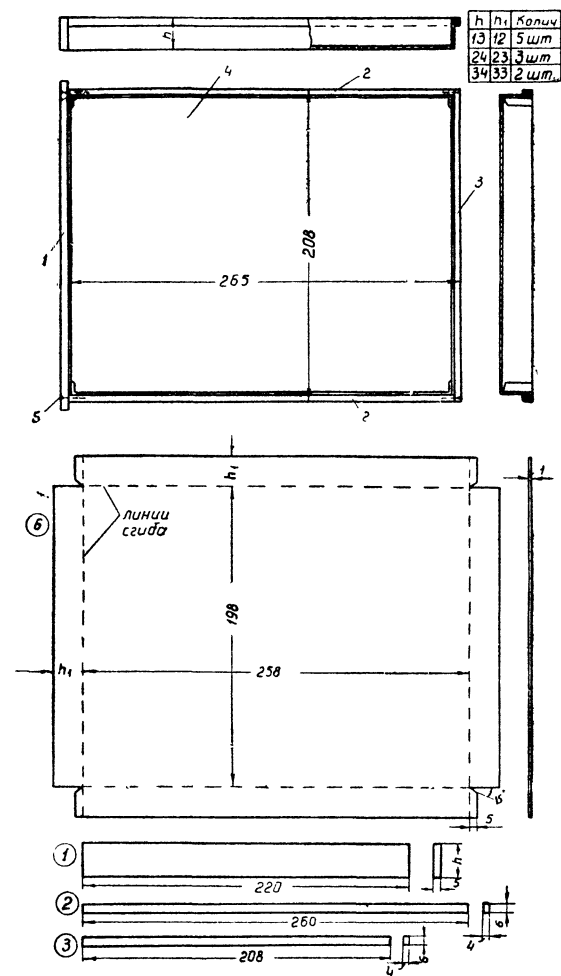
Детали с рис. 6 перечерчивают на лист миллиметровки, а затем при помощи копировальной бумаги переводят на фанеру и выпиливают лобзиком. Шипы при помощи ножа подгоняют к пазам сопрягаемой стенки корпуса. К боковым стенкам 1 приклеивают столярным или казеиновым клеем и прибивают мелкими гвоздиками направляющие 7. После высыхания клея боковые кромки и шипы деталей 4, 5 и 6 смазывают клеем и соединяют с боковыми стенками 1. Далее, смазав клеем заднюю и переднюю кромки и шипы, приклеивают заднюю 2 и переднюю 3 стенки. У высохшего корпуса снимают малым рубанком или спиливают драчевым напильником выступающие части шипов. Снаружи корпус зачищают стеклянной шкуркой. На расстоянии 25 мм от верхнего края корпуса проводят карандашом линию по периметру корпуса. По этой линии (она показана на рис. 6 штриховой линией) ножовочным полотном или шлищережом распиливают корпус. Края фанеры в месте распила зачищают рубанком или напильником. Отрезанную часть (крышку) соединяют с корпусом двумя петлями. Для того чтобы крышка могла стоять вертикально, устанавливают распорку — крючок 9 (рис. 5).

Выдвижной ящик (рис. 7) состоит из фанерной рамки, склеенной и сбитой гвоздиками из трех узких и одной широкой (передней) планок. Внутри рамки вклеена плоская картонная коробка. Ящички разделены на ячейки — мелкие в верхних ящиках и крупные в нижних. Верхние ящички предназначены для крепежа и мелких деталей, средние — для резисторов и конденсаторов. Нижние — для подстроечных конденсаторов и переменных резисторов.

Для удобства переноски кассетницы на боковых стенках ее укрепляют две пластмассовые ручки.

1 — боковые стенки (2 шт.); 2 — задняя стенка (1 шт.); 3 — передняя стенка (1 шт.); 4 — основание (1 шт.); 5 — перегородка (1 шт.); 6 — крышка (1 шт.); 7 — направляющие (20 шт.); 8 — доска для крепления инструмента (1 шт.).

Нумерация деталей соответствует нумерации их на рис. 5. Детали 7 наклеивают на заштрихованные площадки детали 1 (на одну деталь 1 наклеить 10 деталей 7, как показано на рисунке, а на вторую — то же с обратной стороны). Детали, одинаковые по форме, но различные по назначению обозначены двумя номерами (б и в).



1 — передняя планка; 2 — боковые планки; 3 — задняя планка; 4 — картонная коробка; 5 — гвоздики; 6 — выкройка картонной коробки.

После изготовления корпуса кассетницы и ящичков их окрашивают морилкой и покрывают каким-либо лаком. Хорошо подходит для этого мебельный нитроглифталевый лак № 757. Покрывать лаком надо 5—6 раз, высушивая кассетницу после каждого покрытия в течение 1 ч. Пленка нитроглифталевого лака прочна и обладает хорошим гляncем.

### ИНСТРУМЕНТ

Радиолюбитель должен иметь основной монтажный и слесарный инструмент (рис. 8). В состав инструментов входят: кусачки, плоскогубцы, круглогубцы, пинцет, нож или скальпель, отвертки, ножницы, циркуль-измеритель, надфили, молоток, керн и несколько небольших напильников, достаточно иметь драчевой полукруглый, такой же личной и круглый, диаметром 6 мм. Кроме того, нужно иметь небольшую дрель с набором сверл. Существует мнение, что набор сверл должен состоять из ряда сверл с интервалами размеров в 0,1 мм. В этом случае потребовалось бы иметь в наборе 55 сверл. Как показала практика, можно обойтись значительно меньшим набором сверл. Для сверления от-

верстий, в которые будут проходить стержни со скользящей посадкой, нужно иметь сверла с диаметрами 1, 2, 3, 4, 5 и 6 мм.

Обычно применяются винты с резьбой М2, М2,6, М3, М4 и М5. Чтобы для них сверлить отверстия «на проход», нужны сверла диаметрами соответственно: 2,2, 3, 3,3, 4,2 и 5,5 мм. Для отверстий под резьбу для винтов от М2 до М5 необходимы сверла диаметров 1,6, 2, 2,5, 3,3 и 4 мм. Таким образом, требуется набор из 15 сверл диаметрами: 0,6, 0,8, 1, 1,2, 1,6, 2, 2,2, 2,5, 3, 3,3, 4, 4,2, 5, 5,5 и 6 мм. В этом наборе диаметр некоторых сверл «под резьбу» не точно соответствует расчетному, но это несоответствие столь незначительно, что им можно пренебречь. Монтажный и часть самого ходового слесарного инструмента размещают на откидной крышке и в углублении сверху кассетницы.

Для размещения сверл на доске с инструментом служит колодка с отверстиями, соответствующими диаметру сверл (рис. 9). Ее можно изготовить из органического стекла или дерева. Колодку крепят к доске двумя шурупами. Снаружи на колодку наклеивают шильдик с указанием диаметров и назначения сверл (рис. 10).

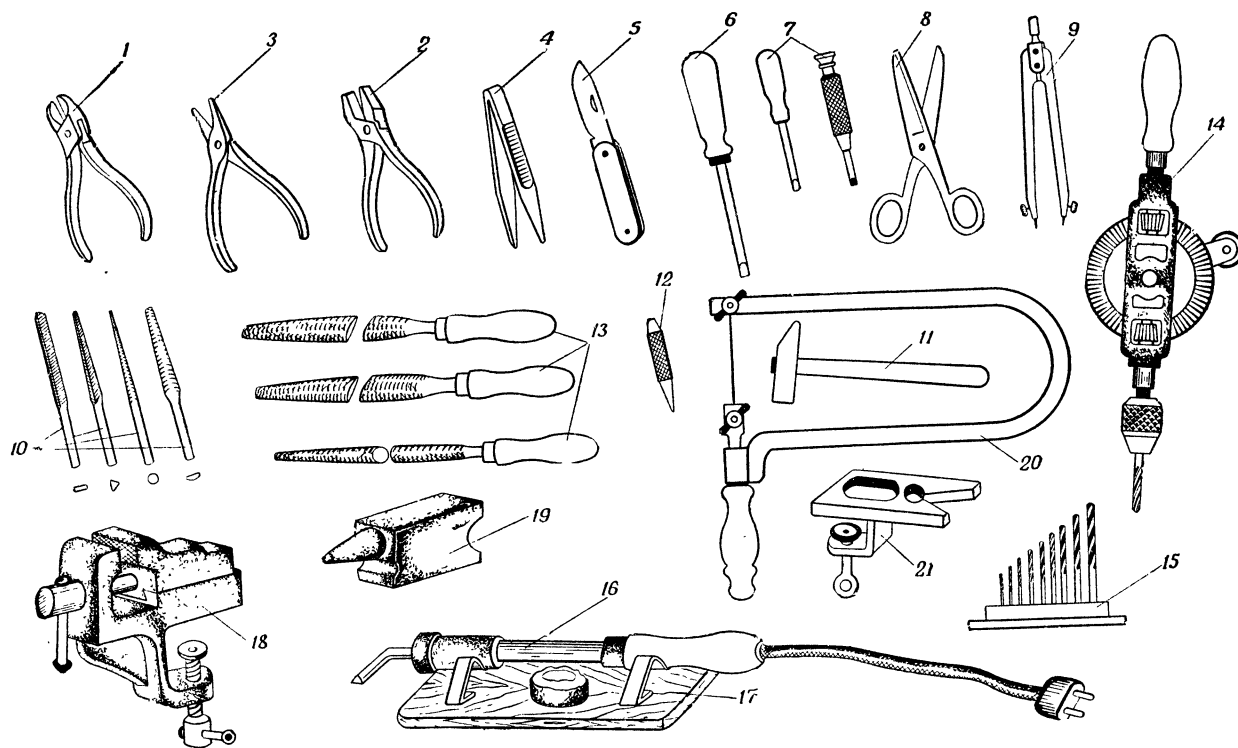


Рис. 8. Инструмент.

1 — кусачки; 2 — плоскогубцы; 3 — круглогубцы; 4 — пинцет; 5 — нож; 6 — большая отвертка; 7 — малые отвертки (2 шт.); 8 — ножницы; 9 — циркуль-измеритель; 10 — надфили (4 шт.); 11 — молоток; 12 — керн; 13 — напильники (3 шт.); 14 — дрель; 15 — набор сверл; 16 — паяльник; 17 — подставка под паяльник; 18 — тиски настольные; 19 — наковальня; 20 — лобзик; 21 — струбцинка к лобзику.



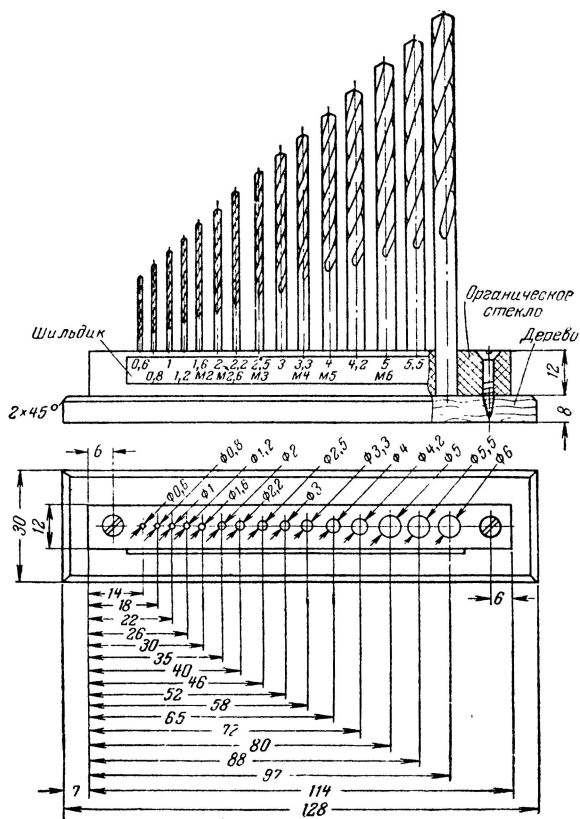


Рис. 9. Колодка для сверл.

0,6	1	1,6	2	2,2	2,5	3	3,3	4	4,2	5	5,5	6
0,8	1,2	M2	M2,6	M3		M4	M5		M6			

Рис. 10. Шильдик к колодке для сверл.

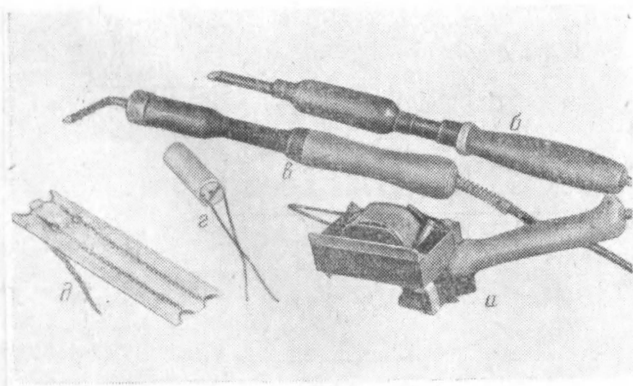


Рис. 11. Типы паяльников.

а — трансформаторный; б — с нагревательной обмоткой неразборный; в — то же со сменным нагревательным элементом; г — запасной нагревательный элемент; д — запасная спираль.

Одним из основных инструментов радиолюбителя является паяльник. Электрические паяльники бывают трансформаторные и с нагревательной обмоткой. Первые представляют собой понижающий трансформатор, у которого вторичная обмотка выполнена в виде одного витка из толстого медного провода или шины. К вторичной обмотке подключена петля из медного провода диаметром 1,5—2 мм, которая и служит нагревательным элементом (рис. 11, а). При включении первичной обмотки в электросеть петля нагревается до высокой температуры. Включение обмотки производится кнопкой, укрепленной на трансформаторе. Через 10—20 сек после нажатия кнопки можно производить пайку. Этот паяльник имеет следующие преимущества перед другими: потребляет ток только во время пайки и безопасен в пожарном отношении, так как он не греется в перерывах между пайкой. К его недостаткам относятся большой вес и невозможность паять в труднодоступных местах.

Паяльники с нагревательной обмоткой позволяют производить пайку в труднодоступных местах. Их недостаток заключается в том, что они должны быть включены все время, пока производится монтаж, независимо от того, как часто производится пайка. Эти паяльники бывают неразборные и разборные. Первые (рис. 11, б) имеют нагревательные обмотки, намотанные на заводе. При перегорании такого паяльника его обмотку приходится перематывать, что представляет определенные трудности (отсутствие необходимых материалов у радиолюбителя, сложность намотки).

Ленинградский завод «Севкабель» изготовляет также разборные паяльники марки ЭПКС со сменным нагревательным элементом (рис. 11, в). В комплект такого паяльника входит запасная нагревательная спираль (рис. 11, д). Кроме того, в продаже имеются собранные нагревательные элементы (рис. 11, г). Разборный паяльник долговечен, так как заменить нагревательную спираль или элемент очень просто, для этого нужна только отвертка.

Для паяльника необходима подставка. Ее можно изготовить из дощечки и двух металлических полосок (17 на рис. 8).

Инструмента и приспособлений, показанных на рис. 8, 9 и 11, достаточно для изготовления несложных приемников и другой простейшей радиоаппаратуры, в том числе и карманных приемников на транзисторах.

Для изготовления сложной радиоаппаратуры необходимо иметь более полный набор слесарного и в ряде случаев столярного инструмента. Подходят для радиолюбителя наборы слесарного инструмента, имеющиеся в продаже. Из них

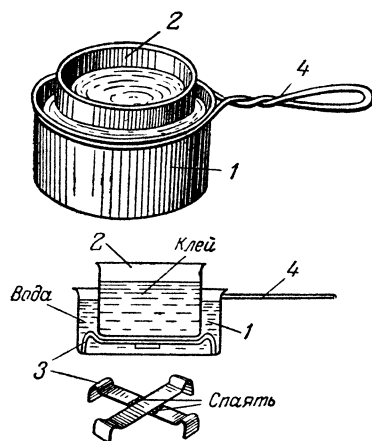


Рис. 12. Клейка.

1 — наружная банка; 2 — внутренняя банка; 3 — подставка под внутреннюю банку; 4 — ручка (проволочная).

наиболее подходящим является небольшой набор московского завода «Калибр» (стоимость 12 р. 80 к.), который содержит весь необходимый инструмент, уложенный в удобный для хранения деревянный чемоданчик.

Полный набор столярного инструмента радиолюбителю иметь необязательно, так как обычно многие столярные изделия приходится заказывать. Однако столярные изделия из фанеры радиолюбитель легко может изготавливать сам. В этом случае, кроме лобзика, понадобятся: небольшой рубанок, стамески (прямая и полукруглая, шириной 8 мм) и ножовки для дерева с мелким зубом.

Для приготовления столярного клея нужна клейка, которую можно изготовить из двух жестяных банок разных размеров (рис. 12). Во внутренней банке находится клей, а в наруж-

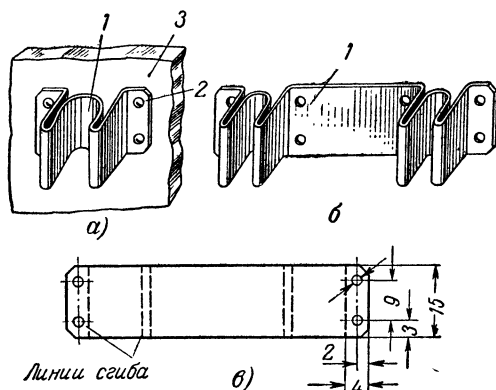


Рис. 13. Жестяные скобы для крепления инструмента на крышке кассетницы.

а — скоба одинарная; б — скоба двойная; в — выкройка скобы; 1 — скоба; 2 — гвоздики; 3 — доска инструментальная.

ной — вода. При разогревании клея в такой клейке он не подгорает.

Таков средний набор инструментов и приспособлений. В действительности можно его значительно сократить. Но это приведет к некоторому усложнению работы при изготовлении того или иного изделия.

Крепление инструмента на откидной крышке в верхней части кассетницы осуществляется с помощью скоб из луженой жести шириной 15 мм (их можно изготовить из консервных банок). Форма скоб и крепление их показаны на рис. 13.

## ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА

Без измерительной аппаратуры, хотя бы простейшей, радиолюбитель не сможет наладить даже самый несложный радиоаппарат. Поэтому нужно иметь универсальный измерительный прибор (авометр). Он может быть самодельным или заводским. Прибор должен обладать входным сопротивлением — не меньше 5 000 ом/в. При более низком входном сопротивлении прибор при измерении режимов радиоламп будет давать неправильные показания. Из приборов, которые имеются в продаже, подходят следующие: тестер ТТ-1, ампервольтметр Ц-20 и вольтметр Ц-430. Прибором Ц-430 нельзя измерять ток. Поэтому, кроме него, нужно иметь отдельный миллиамперметр.

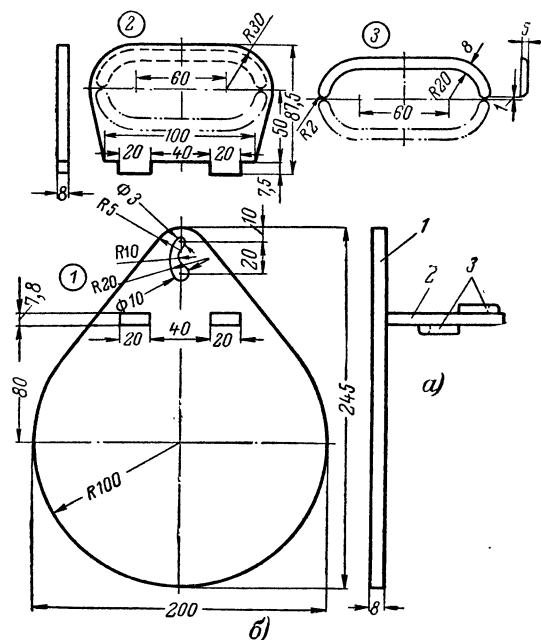


Рис. 14. Чертежи подставки под осветитель.

а — общий вид; б — детали; 1 — основание; 2 — полка; 3 — накладка (2 шт.).

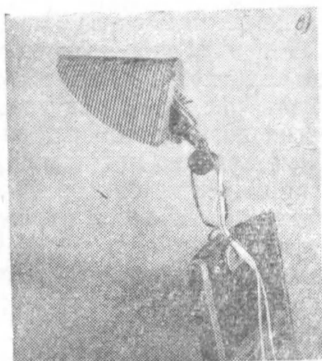
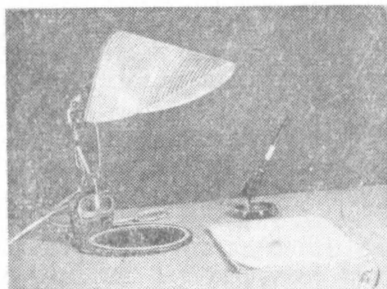
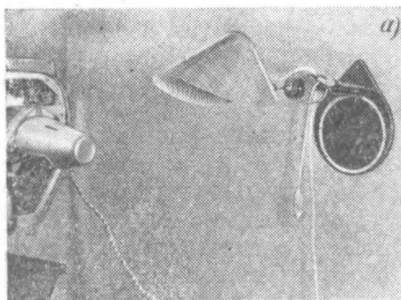


Рис. 15. Различные случаи использования осветителя.

*a* — осветитель с подставкой в роли бра; *б* — осветитель с подставкой в роли настольной лампы; *в* — осветитель, прикрепленный к столу.

При налаживании сложной радиоаппаратуры может понадобиться целый ряд измерительных приборов (сигнал-генератор, звуковой генератор, осциллограф и т. п.). Начинающему радиолюбителю иметь эту аппаратуру необязательно, так как пользоваться ею он будет редко, а места она занимает много. Налаживание радиолюбительских конструкций с использованием этой измерительной аппаратуры лучше всего производить в местном радиоклубе.

## ОСВЕЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА

Стол радиолюбителя должен быть хорошо освещен дневным светом и поэтому лучше всего поставить его у окна. При искусственном освещении рабочего места следует применять лампочку не более 40—50 *вт*. Расположение источника света и осветительной арматуры надо выбрать так, чтобы глаза были полностью защищены от непосредственного воздействия лампочки. Блескость (ослепляющее действие на глаза источника света) вызывает утомление глаз и затрудняет работу.

Лампочка должна иметь отражатель достаточной глубины, чтобы утопать в нем целиком. Внутренняя поверхность отражателя должна быть покрыта белой эмалью или алюминиевой краской для равномерного отражения света.

Очень удобен для освещения рабочего места фотоосветитель с пружинным зажимом. Для более универсального использования к нему можно пристроить подставку (рис. 14). Ее детали изготавливают из фанеры, зачищают шкуркой и склеивают столярным клеем. Склеенную подставку еще раз зачищают шкуркой, окрашивают ореховой морилкой и покрывают несколько раз нитроглифталевым лаком № 757.

Осветитель с подставкой весьма универсален. Его можно использовать как настольную лампу, как бра, а без подставки крепить в лю-

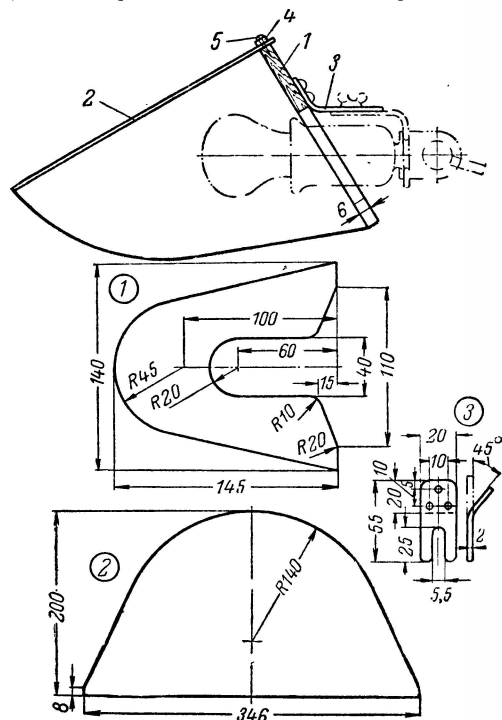


Рис. 16. Абажур к осветителю.

1 — донышко; 2 — козырек; 3 — кронштейн;  
4 — тесемка; 5 — гвоздики.

бом положении, на спинке стула или какой-либо другой мебели (рис. 15).

Вместо металлического рефлектора к осветителю можно изготовить простой абажур (рис. 16). К донышку, сделанному из 6—8 мм фанеры, прикрепляют металлический уголок для крепления абажура и маленькими гвоздиками прибивают полупрозрачный козырек. Последний лучше всего сделать из тонкого цветного стеклотекстолита. Под гвоздики подкладывают стеклотекстолитовую полосу или матерчатую тесьму.

\* \*  
\*

Правильная организация рабочего места, порядок на нем — залог успешной конструкторской работы.

Родителям, руководителям радиокружков нужно с первых шагов юных и начинающих радиолюбителей воспитывать в них трудовую собранность, организованность и любовь к порядку.

## ВЫБОР РАДИОДЕТАЛЕЙ<sup>1</sup>

Указываемые на принципиальных схемах сведения о конденсаторах и резисторах (сопротивлениях), как правило, бывают недостаточны для их выбора. Надо уметь правильно оценить все требования к каждой радиодетали и выбрать наиболее подходящей ее тип.

**Постоянные резисторы.** Кроме номинального значения сопротивления (сокращенно: номинал), важными характеристиками резистора являются: номинальная мощность рассеяния, допускаемое отклонение от номинального значения сопротивления (сокращенно: допуск), температурная стабильность резистора, сохранность величины резистора в течение времени, собственная индуктивность, собственная емкость.

Резисторы широкого применения выпускают с допускаемыми отклонениями от номинала  $\pm 20$ ,  $\pm 10$  и  $\pm 5\%$ . Для измерительной аппаратуры изготавливают специальные резисторы с отклонением от номинала  $\pm 0,5\%$  и меньше.

*Номинальная мощность рассеяния* резистора — наибольшая мощность, которую он может рассеивать при температуре окружающего воздуха не более некоторой граничной: например  $40^\circ\text{C}$  для резисторов типа ВС и УЛМ,  $70^\circ\text{C}$  для резисторов типа МЛТ. При более высокой температуре допустимая мощность рассеяния снижается.

*Собственная (паразитная) индуктивность и емкость* резистора зависят от его конструкции. Резисторы, включенные в высокочастотные цепи, должны иметь возможно меньшие индуктивности и емкости.

*Проволочные резисторы* отличаются высоким постоянством электрического сопротивления. Фактором, влияющим на их стабильность, является изменение рабочей температуры. Эти резисторы могут рассеивать значительные мощности (порядка десятков ватт) при сравнительно малом нагреве.

Проволочные резисторы наматывают на каркасы из изоляционных материалов, выдерживающих расчетную рабочую температуру, которая при большой мощности может достигать  $200\text{—}300^\circ\text{C}$ .

Распространенными типами мощных нагревостойких проволочных резисторов являются резисторы типов ПЭ и ПЭВ (рис. 1, а), выпускаемые на мощности от 2,5 до 150 вт. Их основанием служит керамическая трубка; проволочная обмотка залита стекловидной эмалью, предохраняющей проволоку от механических деформаций и влияния влаги.

Поскольку обмотка обладает заметной индуктивностью, проволочные резисторы применяют в основном в цепях постоянного тока.

В целях снижения индуктивности применяют бифилярную намотку, т. е. намотку сложенным вдвое проводом (рис. 1, в), при которой магнитные поля обеих половин обмотки взаимно уничтожаются. Уменьшению индуктивности содействует также применение тонкого провода (0,02—0,05 мм) и плоских каркасов из тонких пластинок диэлектрика, например слюды.

*Непроволочные резисторы* представляют собой керамические стержни или трубки, на поверхность которых нанесен тонкий слой углерода (резисторы типа ВС, УЛМ, УЛИ) или специального металлического сплава (резисторы типа МЛТ, МЛП). Стабильность современных непроволочных резисторов (типов ВС, МЛТ, УЛМ) достаточно высока и обычно составляет не более нескольких процентов. Особенно высокой

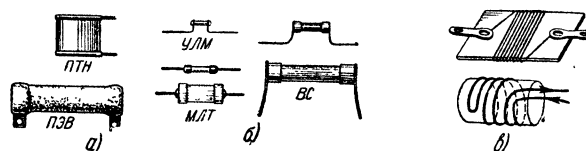


Рис. 1. Постоянные резисторы

а — проволочные; б — непроволочные; в — проволочные с малой индуктивностью.

<sup>1</sup> Лабутин В. К., Книга радиомастера, Госэнергоиздат, 1961 (Массовая радиобиблиотека).

стабильностью обладают специальные типы непроволочных резисторов, предназначенных для измерительной аппаратуры (УЛИ, БЛП, МЛП).

Непроволочные резисторы выпускают с номиналами от 27 ом до 10 Мом и на мощности от 0,125 до 10 Вт. Они обладают очень малыми паразитными индуктивностями и емкостями и могут применяться в любых цепях радиовещательных приемников.

**Переменные резисторы** подразделяют в зависимости от числа выводов, служащих для включения их в схему, на *реостаты* (два вывода), *потенциометры* (три вывода) и потенциометры с отводами (четыре и более выводов).

Кроме переменных резисторов, предназначенных для работ в качестве регуляторов, снабжаемых ручками, применяются подстроечные резисторы, сопротивление которых изменяют лишь при налаживании прибора или ремонте. Подстроечные резисторы снабжают либо осью со шлицем для отвертки, либо передвижным хомутиком (рис. 2).

Проволочные переменные резисторы выпускают с номинальными сопротивлениями от единиц ом до 15—50 ком, причем наиболее распространены низкоомные номиналы.

*Непроволочные переменные резисторы* выпускают с широким ассортиментом номиналов (от 51 ом до 7,5 Мом) и на номинальные мощности рассеяния от 0,15 Вт (тип СПО-0,15) до 2 Вт (тип СП).

Характеристикой переменного резистора является закон, по которому увеличивается его сопротивление при вращении ручки по часовой стрелке. По этому признаку резисторы делят на три группы: *А* — с линейным законом (равномерное изменение сопротивления); *Б* — с логарифмическим законом (вначале вращения оси сопротивление увеличивается быстро, а затем — все меньше и меньше) и *В* — с показательным законом (вначале сопротивление увеличивается

медленно, а затем — все быстрее и быстрее) (рис. 3).

Выпускаются *сдвоенные переменные резисторы* двух видов: два переменных резистора с общей осью для одной общей ручки и два переменных резистора с независимым управлением при помощи сдвоенной ручки.

Распространены также переменные резисторы, объединенные с выключателем, контакты которого размыкаются при повороте ручки против часовой стрелки до отказа (тип ТК).

**Выбор резистора** надо производить в соответствии с рассеиваемой в нем мощностью. Резисторы, включаемые в цепи с током высокой частоты (в колебательные контуры, цепи управляющих сеток и анодов ламп), должны быть безындуктивными, поэтому здесь, как правило, отдают предпочтение непроволочным резисторам, тем более, что при незначительных мощностях, обычно имеющих место в указанных цепях радиоприемной аппаратуры, эти резисторы обладают малыми габаритами и минимальными емкостями.

В цепях постоянного тока приемно-усилительной аппаратуры проволочные резисторы применяют лишь при необходимости рассеивать мощность более 2—5 Вт (балластные резисторы, анодные фильтры) или при отсутствии среди непроволочных нужного номинала (низкоомные резисторы в цепях накала электронных ламп и в схемах с транзисторами).

В анодных цепях радиоприемников следует применять резисторы с мощностью рассеяния 0,25—1 Вт (чем больше сопротивление резистора и чем меньше анодное напряжение, тем меньше рассеивается мощность), в цепях экранирующих сеток — на мощность 0,5 Вт, в цепях управляющих сеток — 0,125—0,25 Вт. В каскадах на транзисторах (кроме выходных каскадов с мощными транзисторами) обычно применяют резисторы с номинальной мощностью рассеяния 0,125 Вт (например, УЛМ).

В измерительной аппаратуре, где требуются высокая точность и постоянство сопротивлений, желательно применять проволочные резисторы, причем для измерений на переменных токах они должны быть бифилярными.

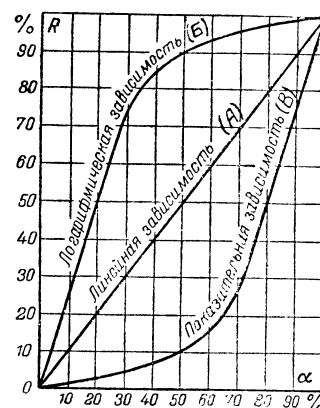


Рис. 3. Зависимость сопротивления  $R$  (в процентах) от угла поворота  $\alpha$  оси переменных резисторов (вращение оси по часовой стрелке).

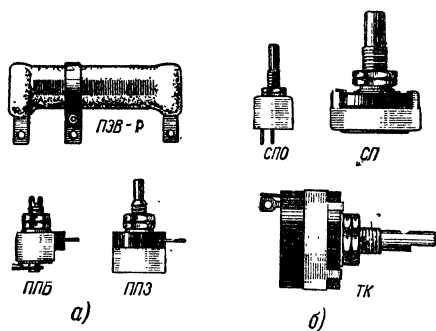


Рис. 2. Переменные и подстроечные резисторы.

а — проволочные; б — непроволочные.

Проволочные резисторы, сопротивление которых не должно заметно изменяться при нагреве, изготавливают из материалов, которым следует отдавать предпочтение в следующем порядке: манганин, константан, никелин.

Аналогичными соображениями пользуются при выборе переменных резисторов. Высокоомные реостаты и потенциометры, от которых не требуется рассеяния большой мощности (регуляторы громкости и тембра), выбираются непроволочными; низкоомные регуляторы, особенно при большой их нагрузке током, делаются проволочными.

Чтобы защитить регуляторы от влияния посторонних высокочастотных и низкочастотных полей, их экранируют.

Для того чтобы регулировка громкости осуществлялась плавно в широких пределах, применяют переменные резисторы с экспоненциальной зависимостью (типа В). В качестве регулятора тембра также часто нужны переменные резисторы с нелинейной зависимостью (типа В или Б), но есть схемы (обычно при включении регулятора в цепь обратной связи), которые требуют линейной зависимости сопротивления (типа А) (рис. 3).

**Конденсаторы постоянной емкости.** Номинальной емкостью конденсатора называется емкость, которой маркирован конденсатор. При температуре 20°С истинная емкость конденсатора может отличаться от номинальной не больше, чем указано на нем.

В большинстве случаев допускаемое отклонение от номинала не превышает  $\pm 20$  или  $\pm 10\%$ . У электролитических конденсаторов и керамических конденсаторов некоторых типов (с оранжевой окраской) емкость может превышать номинальную в 2 раза.

**Температурный коэффициент емкости.** Для оценки зависимости емкости от температуры введен температурный коэффициент емкости (ТКЕ), который показывает, на какую долю увеличивается емкость конденсатора при повышении температуры на 1°С.

Изменение емкости конденсатора под влиянием температуры редко превышает несколько процентов и в ряде случаев не имеет практического значения, но в измерительной аппаратуре и резонансных цепях такое отклонение оказывает существенное влияние на работу радиоаппарата в целом.

**Пробивное напряжение** — напряжение, при котором происходит пробой диэлектрика, сопровождающийся частичным разрушением его и обычно коротким замыканием обкладок конденсатора (исключая, конечно, воздушные и вакуумные конденсаторы). Иногда после пробоя наблюдается не короткое замыкание, а увеличенная утечка тока через место пробоя диэлектрика. В этих случаях сопротивление изоляции конденсатора постоянному току может составлять десятки и даже сотни ом.

**Испытательное напряжение** — напряжение, при котором конденсатор испытывается на электрическую прочность при выпуске на заводе. Обычно это напряжение в 2—3 раза превышает номинальное напряжение, тем не менее использовать конденсатор в аппаратуре при подобных значениях напряжения нельзя, так как это значительно сокращает срок службы конденсатора.

**Номинальное напряжение** — рекомендуемое заводом предельное напряжение на обкладках конденсатора, при котором гарантируются установленный срок его службы и его электрические параметры. На конденсаторе обычно обозначают номинальное напряжение постоянного тока.

Допускаемое напряжение переменного тока должно быть в несколько раз меньше номинального напряжения постоянного тока.

Конденсаторы постоянной емкости чаще всего изготавливают со следующими диэлектриками: бумажным, слюдяным, керамическим, пленочным и оксидным (электролитические).

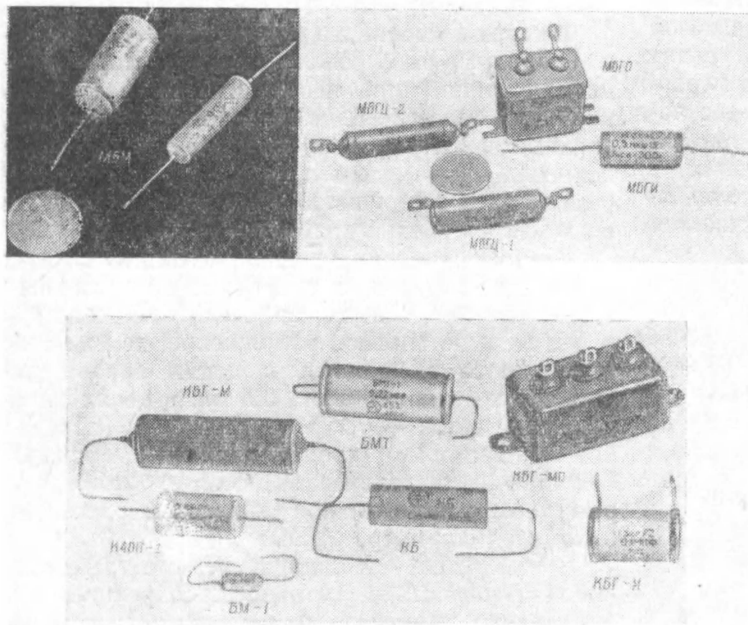


Рис. 4. Бумажные и металло-бумажные конденсаторы постоянной емкости.



Существуют также вакуумные, воздушные и газонаполненные конденсаторы постоянной емкости, но в радиоприемной и усилительной аппаратуре они не применяются.

**Бумажные конденсаторы** (рис. 4) состоят из лент тонкой фольги и проложенных между ними лент специальной конденсаторной бумаги. Эти ленты свертываются в виде рулонов или галет, которые опрессовывают пластмассой, упаковывают в картонные или фарфоровые трубки, либо в жестяные кожухи. Бумажные конденсаторы выпускают емкостью от 470 пф до 10 мкф на номинальные напряжения постоянного тока от 150 до 1 500 в. Отклонение номинала у них составляет 10—20%, емкость не отличается высокой стабильностью. Такие конденсаторы непригодны для колебательных контуров.

В металlobумажном конденсаторе фольга заменена тонким слоем металлизации, нанесенным непосредственно на поверхность бумажной ленты. Конденсаторы такого типа (МБГП, МБГЦ, МБМ) имеют меньшие габариты, чем обычные бумажные, и обладают свойством самовосстановления при кратковременном электрическом пробое (тончайший слой металлизации испаряется током короткого замыкания в месте пробоя).

У некоторых типов бумажных конденсаторов выводы не припаиваются к обкладкам, а лишь прижимаются к ним (например БМ-1). Надежное контактирование обеспечивается у таких конденсаторов лишь при приложении постоянного напряжения не ниже 10 в.

**Слюдяные конденсаторы** (рис. 5), состоящие из большого числа обкладок фольги, переложенных пластинами из слюды, обычно обжимаются и запрессовываются в пластмассовую оболочку (тип КСО). В конденсаторах лучшей конструкции обкладки представляют собой тонкие слои серебра, нанесенные непосредственно на слюду.

Номинальные емкости опрессованных конденсаторов 51—30 000 пф. Допуски бывают  $\pm 2$ ,  $\pm 5$ ,  $\pm 10$  и  $\pm 20\%$ . Рабочие напряжения слюдяных конденсаторов 250—5 000 в.

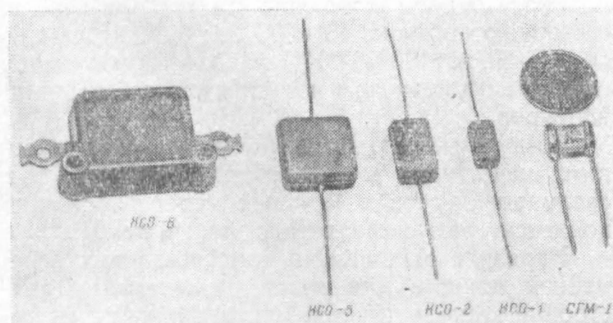


Рис. 5. Слюдяные конденсаторы постоянной емкости.

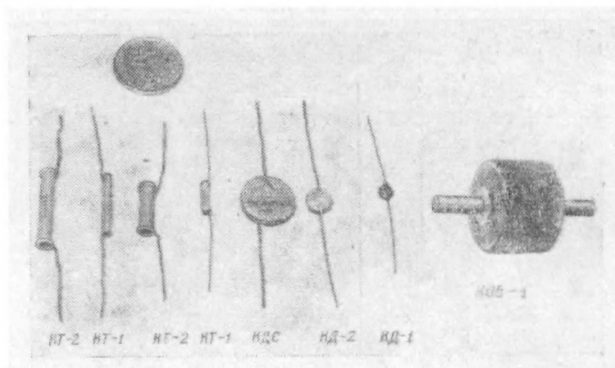


Рис. 6. Керамические конденсаторы постоянной емкости.

**Керамические конденсаторы** (рис. 6) выполняются в виде пластинок или трубок, на обеих поверхностях которых наносятся слои металла, выполняющие роль обкладок. Высокая стабильность емкости во времени у этих конденсаторов объясняется отсутствием между твердым диэлектриком и обкладками воздушной прослойки.

Керамические конденсаторы малой мощности выпускаются двух типов: высокостабильные (ТКЕ очень мал) и компенсирующие (с отрицательным ТКЕ). Конденсаторы с различными ТКЕ различают по цвету их корпусов (табл. 1).

Таблица 1

Цвет корпуса или точки	ТКЕ
Зеленый . . . . .	$-(1\,300 \pm 200) \cdot 10^{-6}$
Красный . . . . .	$-(700 \pm 100) \cdot 10^{-6}$
Голубой . . . . .	$-(50 \pm 30) \cdot 10^{-6}$
Серый . . . . .	$+(30 \pm 30) \cdot 10^{-6}$
Синий . . . . .	$+(120 \pm 30) \cdot 10^{-6}$
Оранжевый . . . . .	Не нормируется

Номинальные емкости малогабаритных керамических конденсаторов лежат в пределах 1—20 000 пф, номинальные напряжения — от 150 до 500 в постоянного тока.

Керамические конденсаторы, в особенности миниатюрные, обладают наименьшими паразитными индуктивностями.

**Пленочные конденсаторы** (рис. 7). Освоение синтетических материалов способствовало появлению новых конденсаторов с диэлектриком в виде тонкой пленки из полистирола и фторопласта. Полистирольные конденсаторы имеют номинальные емкости от 51 пф до 0,03 мкф и выпускаются на номинальные напряжения от 60 в (ГМ) до 15 кв (ПОВ).

Пленочные конденсаторы обладают исключительно высоким сопротивлением изоляции (более 50 000 Мом), высокой стабильностью емкости.



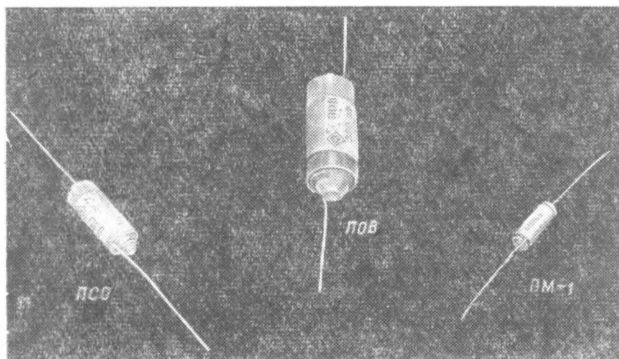


Рис. 7. Пленочные конденсаторы постоянной емкости.

сти и работоспособны до частот в несколько мегагерц.

Недостаток конденсаторов из полистирольной пленки заключается в их низкой теплостойкости (не выше  $60^{\circ}\text{C}$ ). От него свободны конденсаторы с фторопластовой пленкой (типа ФТ).

**Электролитические конденсаторы** (рис. 8) представляют собой особую группу конденсаторов. Диэлектриком в них служит чрезвычайно тонкая оксидная пленка на поверхности алюминиевой фольги, формируемая путем электролиза.

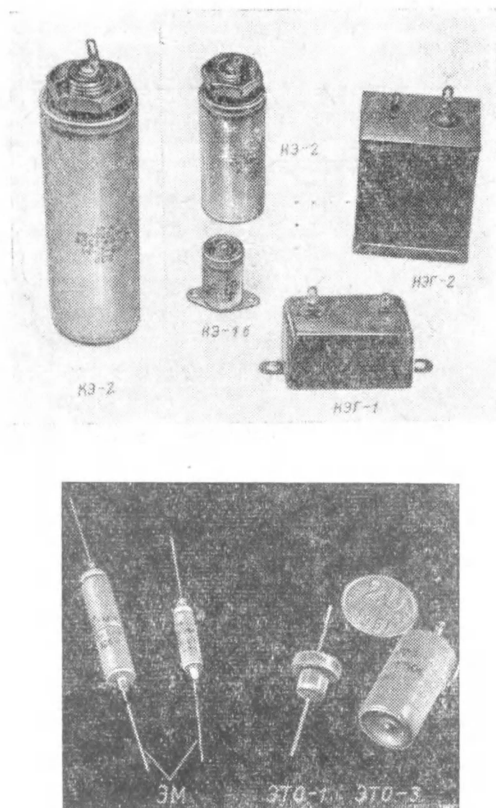


Рис. 8. Электролитические конденсаторы.

Достоинством электролитических конденсаторов является возможность получения очень больших емкостей (до тысяч микрофард) при малых габаритах. Но эти конденсаторы могут работать лишь при постоянном напряжении (причем необходимо строгое соблюдение его полярности) и переменная составляющая не должна превышать 10% этого напряжения. Чем выше частота переменной составляющей, тем больше уменьшается емкость конденсатора. Так, при частоте пульсации 400 гц емкость в среднем уменьшается вдвое, при частотах 5 000—10 000 гц она снижается до 0,2 номинальной по сравнению с емкостью при частоте пульсации 50 гц, а при высоких частотах обращается в нуль.

Все электролитические конденсаторы обладают значительным током утечки, нормально равным десяткам микроампер на 1 мкф емкости у высоковольтных и единицам микроампер на 1 мкф у низковольтных конденсаторов. Повышение рабочей температуры приводит к сильному росту тока утечки. При длительном хранении электролитические конденсаторы заметно снижают свою емкость, а в иных случаях теряют ее совсем. Для предотвращения этого бездействующие электролитические конденсаторы рекомендуется время от времени ставить под напряжение.

Ассортимент выпускаемых электролитических конденсаторов определяется диапазоном емкостей от 2 до 120 мкф при рабочих напряжениях 150—400 в и от 0,5 до 2 000 мкф при низких рабочих напряжениях (4—100 в).

Отклонение емкости электролитических конденсаторов от номинала может составлять от  $-20$  до  $+50\%$  (у конденсаторов типа ЭМ до  $+100\%$ ).

Особенно большую электрическую емкость на единицу объема имеют электролитические конденсаторы, в которых вместо алюминия применен тантал (типов ЭТ и ЭТО), отличающиеся к тому же высокой нагревостойкостью (до  $100^{\circ}\text{C}$ ).

**Конденсаторы переменной емкости** изготавливают с воздушным и твердым диэлектриком, которым служит полистирольная или иная пленка. Пределы изменений емкости для первых составляют обычно 15—500 пф, для вторых — от 20—50 до 150—1 000 пф. Они применяются главным образом для настройки колебательных контуров.

Воздушные конденсаторы отличаются высокими качествами и постоянством параметров и градуировки, что в меньшей мере свойственно конденсаторам с твердым диэлектриком.

Наряду с одиночными конденсаторами переменной емкости для целей одновременной настройки нескольких колебательных контуров выпускают сдвоенные, строенные и счетверенные блоки. На рис. 9 представлен блок конденсато-

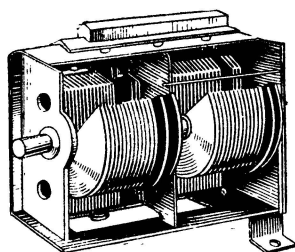


Рис. 9. Сдвоенный блок конденсаторов переменной емкости с УКВ секциями.

ров переменной емкости радиовещательного приемника, состоящий из двух секций для настройки в диапазонах ДВ, СВ, КВ и двух малых секций для настройки колебательных контуров УКВ блока.

Для точного согласования емкостей всех секций в блоках конденсаторов пе-

ременной емкости крайние подвижные пластины каждой секции делают разрезными, чтобы отдельные части их можно было слегка отгибать.

Для специальных регулировок изготавливают так называемые дифференциальные конденсаторы переменной емкости, большей частью с твердым диэлектриком (рис. 10).

Конденсаторы переменной емкости с малой конечной емкостью (до 10—60 пф) называют подстроечными. В качестве диэлектрика в них часто применяют керамику (рис. 11). Лучшими из подстроечных конденсаторов являются воздушные на фарфоровом основании и керамические, причем последние обладают тем преимуществом, что при одинаковой максимальной емкости они по размерам меньше воздушных.

**Выбор конденсаторов.** Конденсаторы с воздушным диэлектриком ввиду их относительной дороговизны рационально применять только в высокочастотных колебательных контурах. Можно применять в колебательных контурах также керамические и слюдяные конденсаторы.

Во всех прочих цепях токов высокой частоты можно применять керамические, слюдяные конденсаторы или безындукционные бумажные (при необходимой емкости более 1 000—5 000 пф).

В цепях экранирующих сеток ламп, в анодных фильтрах высокочастотных каскадов для развязывания цепей допустимо применять безындукционные бумажные конденсаторы; при этом должна быть заземлена или соединена с прово-

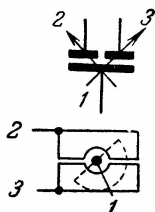


Рис. 10. Дифференциальные конденсаторы.

1 — ротор; 2, 3 — статоры.

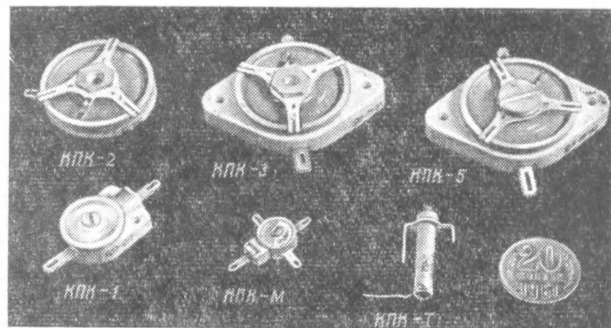


Рис. 11. Подстроечные керамические конденсаторы.

дом общего минуса наружная обкладка конденсатора. В низкочастотных каскадах все конденсаторы могут быть бумажными.

При выборе разделительного конденсатора для связи между каскадами надо убедиться в том, что он обладает при рабочем напряжении достаточно высоким сопротивлением изоляции (не менее 500 Мом). В цепях сеточного смещения и экранирующих сеток, а также в анодных фильтрах низкочастотных каскадов можно применять для развязывания электролитические конденсаторы, причем их сопротивление постоянному току при рабочем напряжении должно быть по крайней мере в 20 раз больше сопротивления включенного последовательно или параллельно с ним резистора.

В цепях питания для сглаживания пульсации выпрямленного тока применяют электролитические или металlobумажные конденсаторы. Для блокировки цепей питания с переменным током, в том числе обмоток трансформаторов, применяются бумажные и слюдяные конденсаторы.

Все конденсаторы должны быть выбраны с таким расчетом, чтобы они работали под напряжением, не превышающим их номинального напряжения. Если переменная составляющая напряжения мала (что имеет место во всех каскадах усиления высокой и промежуточной частоты, а также в цепях первого каскада низкой частоты приемника), то достаточно учитывать только постоянное напряжение на конденсаторе. Но в цепях оконечного каскада и выпрямителя надо учитывать также и переменную составляющую, причем ее надо по крайней мере утраивать и прибавлять к напряжению постоянной составляющей, потому что всегда возможны случайные пики напряжения, которые могут пробить диэлектрик конденсатора. Особенно высокое номинальное напряжение (не ниже 1 500 в) должны иметь конденсаторы, блокирующие высоковольтные обмотки трансформатора питания, и конденсаторы, присоединенные к аноду лампы оконечного каскада низкой частоты.

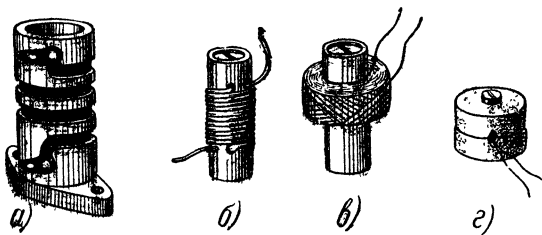


Рис. 12. Контурные катушки.

*а* — ультракоротковолновая; витки в виде металлической пленки нанесены на каркас; *б* — однослойная коротковолновая; *в* — для средних и длинных волн, намотка типа «Универсаль»; *г* — то же в броневом сердечнике.

Конденсаторы переменной емкости для настройки колебательных контуров приемника всегда желательно иметь с воздушным диэлектриком. Из подстроечных конденсаторов для этих целей следует отдавать предпочтение керамическим.

**Индуктивности.** Важнейшую группу индуктивностей составляют катушки для резонансных контуров, значительная часть которых делается переменными или подстраиваемыми, так что их индуктивность можно в некоторых пределах изменять. Затем идет группа катушек с постоянной индуктивностью, называемых дросселями. Они служат для преграждения пути переменным токам и выполняются с ферромагнитными сердечниками и без них.

**Высокочастотные контурные катушки** (рис. 12) совместно с конденсаторами служат для образования колебательных контуров, настраивающихся на строго заданные частоты. Поэтому индуктивность контурных катушек не должна изменяться с течением времени. Поскольку точно изготовить катушку заданной индуктивности очень трудно, то, как правило, конструкция контурных катушек предусматривает возможность точной подгонки ее индуктивности. Средства регулирования величины индуктивности высокочастотных катушек показаны на рис. 13.



Рис. 13. Как изменяется индуктивность катушки?

У контурных катушек желательно иметь по возможности большую добротность<sup>1</sup>. Для ее повышения, а также для достижения наибольшего постоянства параметров катушки очень важно применять для каркасов катушек высококачественные изоляционные материалы и чем выше рабочая частота, тем качественнее должны быть изоляционные материалы. Желательно также уменьшать массу изоляционных материалов, особенно на коротких и ультракоротких волнах.

Применение высокочастотных ферромагнитных сердечников облегчает получение высокой добротности.

**Дроссели.** Конструкция дросселя зависит от того, колебания каких частот он должен задерживать. Чтобы хорошо выполнить свое назначение при высоких частотах, дроссель должен обладать малой собственной емкостью и относительно большим числом витков (до 500—1 000 витков для длинных волн).

Для уменьшения собственной емкости ультракоротковолновые дроссели наматывают в один слой с переменным шагом, а коротковолновые, средневолновые и длинноволновые секционируют (рис. 14), причем числа витков в секциях берут различными.

Уменьшить необходимое число витков и тем самым понизить собственную емкость высокочастотного дросселя удается выполнением его на сердечнике из феррита или магнитодиэлектрика (особенно хороши ферритовые цилиндрические и тороидальные сердечники).

Низкочастотные дроссели с сердечником из стальных пластин применяют в сглаживающих фильтрах выпрямителей. Особенностью их работы является наличие постоянной составляющей тока через обмотку. Это влечет за собой необходимость воздушного зазора в сердечнике.

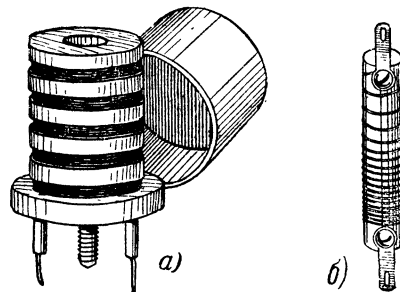


Рис. 14. Высокочастотные дроссели.

*а* — с многослойной намоткой секционированный; *б* — однослойный для УКВ диапазона.

<sup>1</sup> Добротность катушки — отношение ее индуктивного сопротивления к активному сопротивлению. Чем больше добротность катушки, тем острее резонанс в контуре, где она применена. (Прим. ред.)

**Трансформаторы со стальным сердечником.** Трансформаторы питания должны иметь обмотки, рассчитанные на необходимые напряжения и токи. Между обмотками не должно наблюдаться заметных утечек и изоляция должна выдерживать относительно сердечника напряжение не ниже 1,5—2 кВ, а в специальных высоковольтных трансформаторах для питания электронно-лучевых трубок — до 10—25 кВ.

Для защиты от проникновения высокочастотных помех из электросети в приемник трансформатор питания часто снабжают так называемой экранирующей обмоткой, отделяющей вторичные обмотки от первичной. Экранирующая обмотка состоит из слоя изолированного провода или незамкнутого слоя металлической фольги. Иногда такими же защитными обмотками снабжаются и выходные трансформаторы.

Диаметр провода обмоток, нагруженных большим током, должен выбираться не только в соответствии с величиной тока, но и с учетом допустимого падения напряжения на них. Так, например, вторичная обмотка входного трансформатора для двухтактного каскада, работающего в режиме В, могла бы выполняться проводом 0,1—0,12 мм, так как ток в ней обычно равен 15—20 мА. Однако, имея большое число витков, она может при этом обладать сопротивлением в несколько сотен ом и тогда падение напряжения в ней может достигать 10 В и более. Поэтому в указанных трансформаторах вторичные обмотки наматывают и более толстым проводом (0,15—0,25 мм), чем это требуется для обеспечения нормальной нагрузки провода током.

Низкочастотные трансформаторы, у которых одна из обмоток включена в анодную цепь лампы (особенно оконечной), часто имеют зазор в стальном сердечнике. У выходных трансформаторов двухтактных усилителей зазор не нужен, потому что направления анодного тока от средней точки первичной обмотки к анодам ламп в обеих половинах ее противоположны, вследствие чего сталь постоянного намагничивания не приобретает.

Обмотки трансформаторов низкой частоты с малой собственной емкостью наматывают в виде отдельных симметрично располагаемых секций.

**Выбор материала для сердечников низкочастотных индуктивностей.** В зависимости от того, нужен ли зазор в сердечнике трансформатора или дросселя или нет, применяют либо разъемные, либо неразъемные пластины. Замкнутые сердечники можно собрать и из разъемных пластин; для этого при сборке сердечника нужно

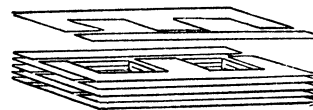


Рис. 15. Сборка сердечника без зазора.

менять направление их укладки (рис. 15). Но неразъемные пластины не годятся для сборки сердечников с зазором. Тип пластин нужно выбирать так, чтобы в окне сердечника свободно уместились все обмотки. В табл. 2 указано, сколько витков провода различного диаметра укладывается в сечении 1 см<sup>2</sup>. При этом надо учесть прокладки между слоями провода и обмотками.

Пластины надо выбрать так, чтобы при необходимом сечении сердечника соотношение между толщиной и шириной центрального его стержня, на который помещают обмотки, не выходило за пределы 1 : 2.

Толщина одной пластины может быть 0,5 мм; у выходных трансформаторов и дросселей, работающих на звуковых частотах, желательно применять более тонкую сталь (0,2—0,35 мм).

Перед сборкой сердечника надо проверить целостность серого оксидного покрытия или слоя краски на одной стороне поверхности всех пластин и отсутствие царапин на них. Пластины с поврежденным оксидным слоем надо заменить или покрыть с одной стороны тонким слоем лака. При сборке сердечников надо следить за тем, чтобы изоляционный слой на поверхности пластин не повреждался.

Таблица 2  
Число витков на 1 см<sup>2</sup> сечения плотной намотки

мм	ПЭ	ПШО	ПБО	ПБД
0,05	18 000	10 000	—	—
0,07	10 000	6 800	—	—
0,1	5 700	4 250	2 070	—
0,12	4 000	3 320	1 720	—
0,15	2 800	2 400	1 360	—
0,18	2 070	1 800	1 100	—
0,2	1 720	1 530	940	665
0,25	1 140	1 020	700	515
0,3	810	740	540	413
0,4	470	450	325	245
0,5	308	302	231	182
0,6	217	217	172	134
0,8	125	128	108	88
1,0	83	85	73	62
1,2	58	59	53	46
1,4	44	45	41	36

# ИЗГОТОВЛЕНИЕ КАТУШЕК ИНДУКТИВНОСТИ И ТРАНСФОРМАТОРОВ

**Намоточные станки.** Намотку катушек удобно производить на специально предназначенных для этого намоточных станках.

Простой станочек, который нетрудно изготовить своими силами, представлен на рис. 1.

В состав любого приспособления для намотки катушек входит вал, снабженный винтовой резьбой, на котором закрепляется каркас наматываемой катушки. Этот вал приводится во вращение либо вручную с помощью надетой на него рукоятки, либо электродвигателем мощностью 25—150 *вт*. В последнем случае в устройство станочка вводится переменная трансмиссия или в крайнем случае реостат для регулирования скорости вращения вала. К валу присоединяется механический счетчик числа оборотов, в качестве которого можно приспособить счетчик автомобильного спидометра. Наличие счетчика уменьшает возможность ошибки в подсчете числа намотанных витков и позволяет намотчику сконцентрировать все внимание на качестве укладки витков. В зависимости от типа намотки (рядовая или «универсаль») станочек может быть снабжен тем или иным приспособлением для смещения подаваемого провода вдоль оси вала. Впрочем, такими приспособлениями снабжаются далеко не все станочки, так что часто укладку провода на каркас приходится производить вручную. Необходимой частью намоточного станка является также стержень, на который надевается катушка со сматываемым проводом.

Катушки и обмотки из толстой проволоки наматывают вручную, так как здесь необходимо тщательно следить за укладкой каждой четверти витка, и если только каркас не круглый, то из-за значительной жесткости и упругости толстого провода станочная намотка получается неплотной.

Катушки небольших размеров можно наматывать при помощи ручной дрели, зажатой в настольные тиски (рис. 2).

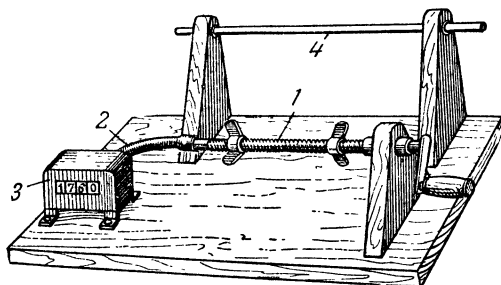


Рис. 1. Станок для намотки катушек вручную.

1 — вал с винтовой резьбой и гайками; 2 — гибкий вал (трос, пружина); 3 — счетчик оборотов; 4 — стержень для катушек со сматываемым проводом.

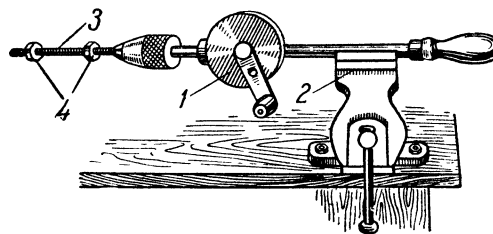


Рис. 2. Намоточное приспособление из дрели  
1 — дрель; 2 — тиски; 3 — стержень с резьбой; 4 — гайки.

Катушки низкочастотных трансформаторов и дросселей обычно наматывают на прямоугольных каркасах. Внешние размеры каркаса должны быть на 0,5—1 мм меньше соответствующих размеров окна в пластинках сердечника. В случае неразъемных пластин осевая длина каркаса должна быть уменьшена на 2—3 мм (рис. 3), так как иначе сборка сердечника будет невозможна.

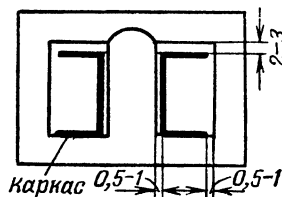


Рис. 3. Определение размеров каркаса при сердечнике из неразъемных пластин.

Каркасы изготовляют из электрокартона или тонкого гетинакса, текстолита. Картонные каркасы (рис. 4) склеивают клеем БФ-2, а гетинаксовые и текстолитовые собирают «в замок» (рис. 5).

Для укрепления каркаса на валу намоточного станка изготавливается деревянная болванка, на которую насаживается каркас.

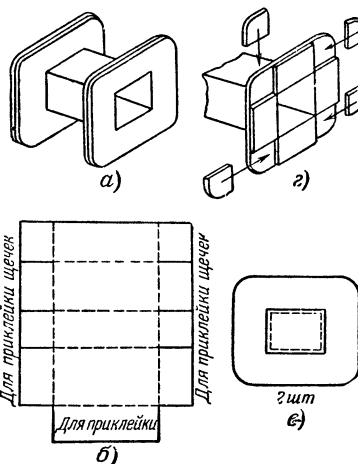


Рис. 4. Каркас из электрокартона.

а — готовый каркас; б — заготовка (выкройка) каркаса; в — щечка каркаса; г — порядок сборки.

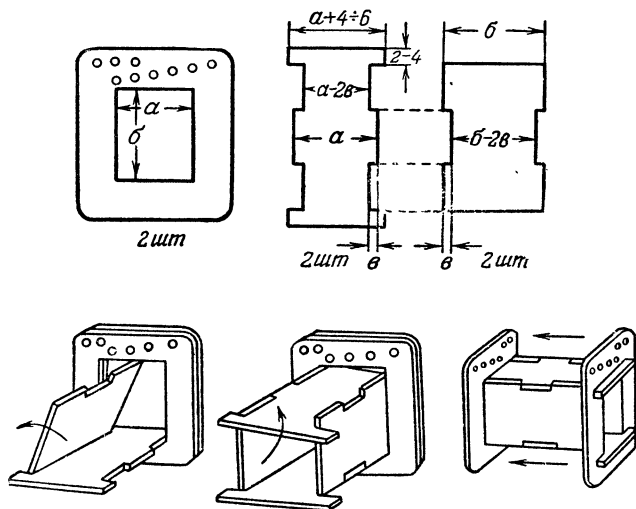


Рис. 5. Детали каркаса из гетинакса (текстолита) и порядок их сборки.

Размеры:  $a$  — ширина пластины сердечника плюс зазор и удвоенная толщина материала каркаса;  $b$  — толщина набора пластин сердечника плюс зазор и удвоенная толщина материала каркаса;  $\delta$  — толщина материала каркаса.

Витки, особенно у выходных трансформаторов, надо располагать ровными рядами. Для предотвращения западания витков из верхних слоев в нижние, что может привести к пробое трансформатора, через каждые три-четыре слоя обмотки прокладывают слой тонкой пропаренной бумаги (можно из бумажного конденсатора). Между обмотками делают прокладку из лакоткани. Чтобы у стенок каркаса не образовалось щелей, через которые провод мог бы попасть в другие слои, прокладки берут большей ширины, чем ширина каркаса, а по краям их надрезают (рис. 6). Намотки навалом следует избегать: она допустима лишь в дросселях для сглаживающих фильтров выпрямителей.

Концы обмоток надо закреплять суровой ниткой: ее навивают на катушку и завязывают узлом. Применяют также закрепление концов обмоток с помощью полосок из лакоткани, прижимаемых последующими витками (рис. 7).

В случае обрыва провода в процессе намотки его надо аккуратно надпать без лишнего коли-

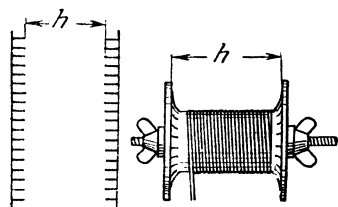


Рис. 6. Прокладка между слоями обмоток.

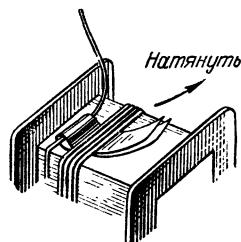


Рис. 7. Крепление крайнего витка обмотки.

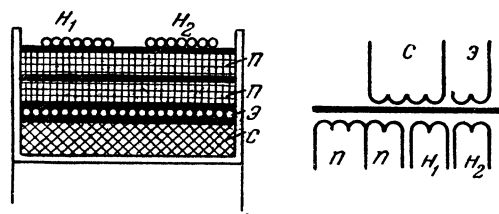


Рис. 8. Расположение обмоток трансформатора питания.

$C$  — первичная (сетевая) обмотка;  $\Pi$  — вторичная повышающая обмотка;  $H_1$  и  $H_2$  — обмотки накала;  $\mathcal{E}$  — экранирующая обмотка.

чества олова, но достаточно прочно и надежно в электрическом отношении и место пайки изолировать небольшими кусочками конденсаторной бумаги, которую прижимают следующими витками.

Катушки трансформаторов питания наматывают так же, как и катушки низкочастотных трансформаторов, но поскольку трансформаторы питания работают обычно при высоких напряжениях и обладают большой мощностью, намотку их надо производить особенно тщательно,

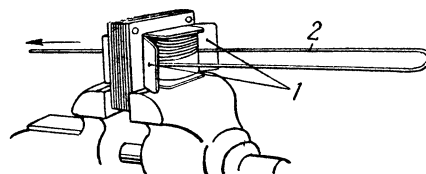


Рис. 9. Намотка без разборки сердечника.

1 — картон; 2 — провод.

чтобы она не пробилась при включении. Для этого применяется повышенная изоляция между слоями; в трансформаторах мощностью до 60—70 *вт* прокладки делают не реже, чем через два слоя, а при большей мощности — через каждый слой намотки. Намотка должна производиться равномерными рядами. Между отдельными обмотками прокладывают по два-четыре слоя лакоткани (в зависимости от ее толщины). Погрешности в числе витков у высоковольтных обмоток не должны превышать 2—3, а у обмоток накала — 0,5 витка. Расположение обмоток трансформатора показано на рис. 8.

Для повышения влагостойкости изоляции каркас с обмотками полезно пропитать битумом или битумным компаундом, окуная каркас в расплавленную массу этих веществ.

Иногда бывает необходимо домотать или перемотать небольшое число витков (особенно накаль-

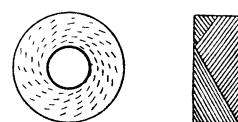


Рис. 10. Намотка типа «универсаль».

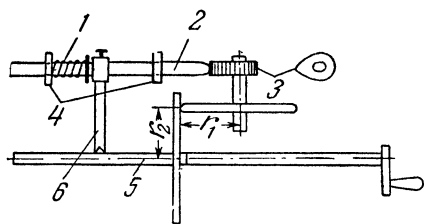


Рис. 11. Схема станка для намотки катушек типа «Универсаль».

1 — пружина; 2 — толкатель; 3 — кулачок; 4 — стойка; 5 — главный вал; 6 — поводок для укладки провода;  $r_1$  больше  $r_2$  на 2—3 мм.

ные обмотки у трансформаторов питания и вторичные — у выходных). В этих случаях можно обойтись без разборки сердечника. Достаточно защитить обращенные к обмоткам ребра сердечника кусками картона (рис. 9), отрезать необходимой длины кусок провода и, зажав трансформатор в тисках, протягивать провод через зазоры между катушкой и защищенным картоном сердечником.

**Намотка типа «универсаль»** (рис. 10) осуществляется с помощью станочков, снабженных специальным приспособлением для периодического смещения вдоль оси вала (рис. 11) подаваемой для намотки проволоки. Чтобы укладываемая по зигзагообразной линии проволока не

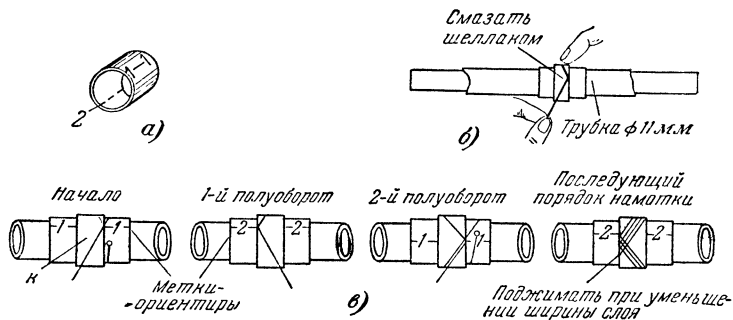


Рис. 12. Намотка катушки типа «Универсаль» вручную.

а — нанесение двух отметок-ориентиров; б — закрепление витков; в — схема намотки (к — бумажное кольцо).

сбивалась, ее обычно пропускают во время намотки через вату, смоченную разведенным на спирте шеллаком. Тогда при укладывании витки сразу же приклеиваются друг к другу и катушка приобретает достаточную прочность. При наличии должной тренировки намотку типа «универсаль» удастся выполнять и ручную, без помощи станка (рис. 12).

В заключение отметим, что катушки с обычной намоткой рядами при отсутствии намоточного станка можно наматывать на медленно вращающемся токарном станке. С его шпинделем сочленяют счетчик оборотов, а в патрон зажимают вал для крепления каркасов катушек.

## СОВЕТЫ НАЧИНАЮЩЕМУ РАДИОЛЮБИТЕЛЮ-КОНСТРУКТОРУ<sup>1</sup>

Словом «конструирование» обозначается работа по созданию конструкции.

Конструирование радиоприемника — длительный и трудоемкий процесс. Начинающие радиолюбители, часто торопясь закончить изготовление и опробовать приемник, не продумывают конструкцию во всех деталях. Результат такой работы обычно бывает плачевным.

При конструировании и постройке радиоаппаратуры не следует торопиться. Здесь как нельзя более к месту две русские пословицы: «тише едешь — дальше будешь» и «семь раз примери — один раз отрежь».

Нередко начинающие радиолюбители строят радиоприемники, не заботясь о том, чтобы узнать, как они работают, какие физические процессы в них протекают. Незнание этих процессов приводит к тому, что при налаживании построенного приемника радиолюбитель не может сообразить, где же нужно искать неисправность, и начинает

беспорядочно перепаявать детали в самых различных местах, но все это оказывается безрезультатным. В конце концов, отчаявшись, радиолюбитель призывает на помощь другого и оказывается, что причина неисправности была очень простой и найти ее было бы весьма легко, если бы он не пренебрегал изучением радиотехники.

Следовательно, для того чтобы делать полноценные приемники, нужно изучать радиотехнику.

Нельзя, изучив только арифметику, решать задачи по высшей математике. Точно так же нельзя начинать строить сложные приемники, если не усвоены даже основы радиотехники. К сожалению, такая ошибка встречается у начинающих радиолюбителей.

Надо строить только такие радиоприемники, работу которых радиолюбитель хорошо понимает, постепенно переходя от простых к более сложным.

**Выбор схемы.** Это важный момент радиолюбительской деятельности и к нему надо подходить

<sup>1</sup> По разным источникам: из книги В. Костикова «Как построить радиоприемник» и по материалам брошюр Г. А. Бортновского.



дять с учетом своего опыта и званий (не браться за невыполнимое!).

Так как начинающий радиолюбитель сам не может составить и рассчитать схему радиоустройства — ему следует воспользоваться готовой схемой с описанием конструкций, взятой из журнала «Радио» или книги. При выборе схемы следует отдавать предпочтение простым, так как их легче налаживать. Сложные схемы зачастую имеют целый ряд преимуществ перед более простыми, но начинающему радиолюбителю трудно будет реализовать их.

Для того чтобы приступить к конструированию радиоаппарата, надо иметь в наличии все основные детали. Если конструируется радиоприемник, то этими деталями будут: блок конденсаторов переменной емкости, переключатель диапазонов, контурные катушки, электронные лампы, панели для них, выходной трансформатор, трансформатор питания, дроссель сглаживающего фильтра, электролитические конденсаторы и динамический громкоговоритель. Эти детали влияют на размеры и компоновку конструкции радиоаппарата. Не имея указанных деталей, приступать к конструированию радиоприемника не имеет смысла.

**Компоновка.** Наиболее ответственным этапом конструирования радиоаппарата является его компоновка. От последней зависит, будет ли аппарат отвечать поставленным требованиям, удобным в обращении и легким в изготовлении.

Перед компоновкой радиоаппаратуры любитель должен решить ряд вопросов. Основным является выбор типа конструкции, которая может быть:

1. Свободной (плоскостной), когда все детали размещены на одном плоском шасси. Эта конструкция наиболее часто применяется как в заводской, так и радиолюбительской аппаратуре.

2. Объемной, когда радиодетали заполняют весь объем прибора (блока) в несколько этажей. Такую конструкцию чаще всего используют в специальной радиоаппаратуре, а радиолюбители применяют редко, так как у таких конструкций затруднен доступ к радиодеталям.

3. Блочной, которая характеризуется разделением всего устройства на ряд отдельных блоков. Такая конструкция применяется в телевизорах и других сложных радиоустройствах. При этом каждый из блоков может быть либо плоскостной, либо объемной конструкции.

После выбора типа конструкции следует решить вопрос о материалах, из которых будет изготовлено шасси, а также корпус или ящик аппарата. Учитывая ограниченные возможности радиолюбителя, наиболее подходящими материалами для шасси и ящика радиоаппаратуры следует признать: листовой алюминий, гетинакс,

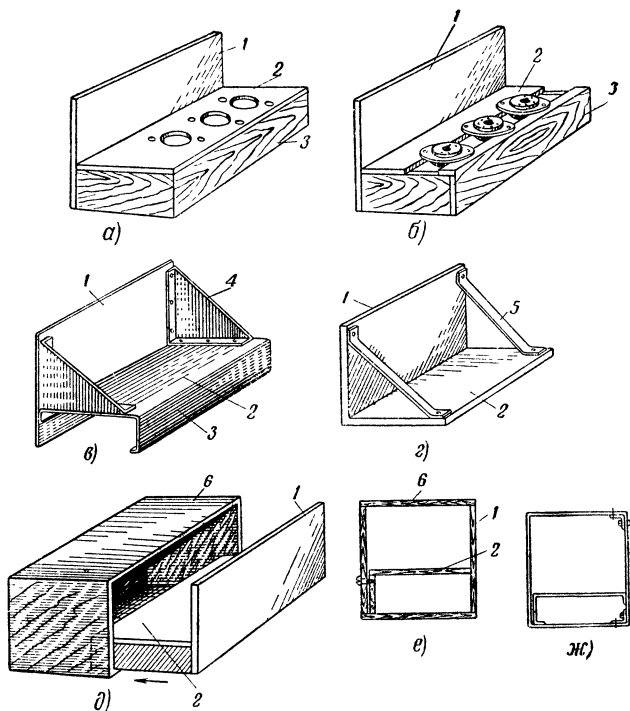


Рис. 1. Угловые панели.

а, б — деревянные угловые панели, в — то же металлическая; г — угловая панель без подвала; д — угловая панель и ящик для нее; е — крепление в ящике деревянной угловой панели; ж — крепление в ящике металлической угловой панели; 1 — лицевая панель; 2 — горизонтальная панель; 3 — задняя панель; 4 — угольник; 5 — подкос; 6 — ящик.

картон, фанеру и другой листовой материал. Этот материал легко обрабатывается, из него можно создать конструкции, полностью удовлетворяющие требованиям радиолюбителя.

Ниже рассмотрено конструирование шасси и монтажных плат ламповых приемников, телевизоров и миниатюрных приемников на транзисторах, а также конструирование ящиков и корпусов для них.

**Типы шасси.** В радиолюбительской практике довольно распространенным типом шасси является угловая панель (рис. 1). Популярность этой конструкции объясняется тем, что она проста в изготовлении, обеспечивает хороший доступ сверху для смены ламп и снизу к ламповым панелям и элементам схемы. На горизонтальной плате 2 размещают детали схемы — лампы, конденсаторы, резисторы и т. п. На переднюю панель 1 выводят ручки управления, располагают измерительные приборы, шкалу приемника и т. п.

Угловая панель вдвигается в ящик (см. рис. 1, д). При этом шнур питания может быть закреплен на задней панели и пропущен через отверстие в задней стенке ящика. Угловая па-

нель может быть изготовлена из фанеры. В этом случае иногда горизонтальная плата выполняется разрезной (рис. 1, б); в разрезе крепят ламповые панели. Такая конструкция упрощает изготовление панели, так как отпадает необходимость вырезать отверстия для ламповых панелей.

Когда прибор не имеет радиоламп, например выпрямитель на полупроводниковых диодах, угловую панель делают без «подвала» (рис. 1, з).

Металлические угловые панели (рис. 1, в) чаще всего применяют для монтажа любительских коротковолновых и УКВ приемников, а также измерительной аппаратуры. Для придания конструкции большей жесткости лицевую и горизонтальную панели скрепляют угольниками.

Угловую панель помещают в ящик и крепят к нему шурупами, пропущенными через заднюю стенку ящика (рис. 1, е), или же винтами в углах лицевой панели, которые ввертывают в угольники, закрепленные на передней кромке ящика (рис. 1, ж).

Для монтажа радиоаппаратуры применяют также плоские шасси, представляющие собой горизонтальную плату с отогнутыми вниз краями (рис. 2). Для придания жесткости конструкции отогнутые с двух сторон края стягивают тягами (рис. 2, в).

На плоских шасси обычно монтируют радиоприемники и блоки телевизоров. Плоское шасси вставляют в ящик сзади, при этом для ручек управления, шкалы, кинескопа, громкоговорителя и т. п. в передней стенке ящика вырезают отверстия. Задняя стенка ящика или совсем не делается или ее изготавливают из картона, в котором пробивают высечкой отверстия для вентиляции. В приборах, работающих с высокими напряжениями, например в телевизорах, из соображений безопасности задняя стенка необходима.

В ряде случаев можно и в радиолюбительских условиях применять объемные конструкции.

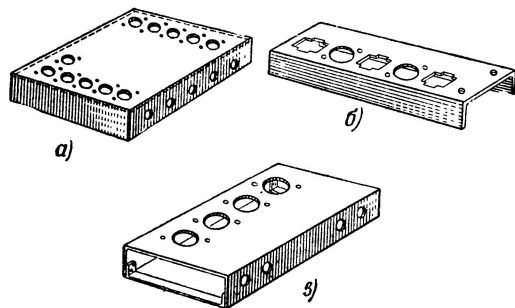


Рис. 2. Плоские шасси.

а — с четырьмя отогнутыми краями; б, в — с двумя отогнутыми краями.

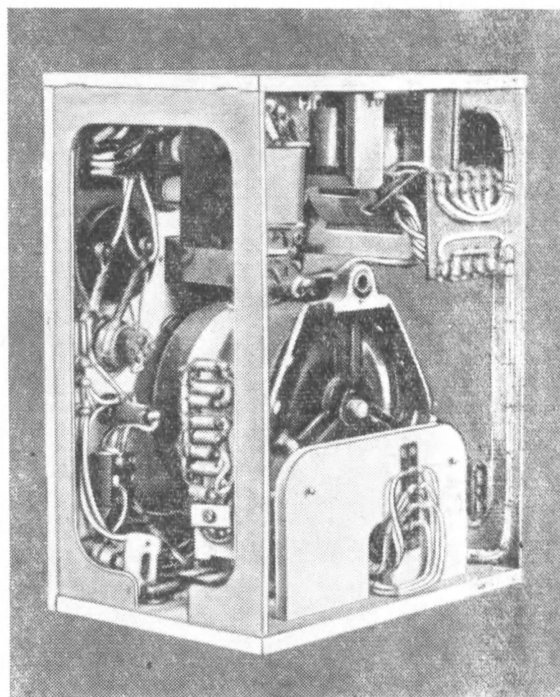


Рис. 3. Пример объемной конструкции — блок питания.

На рис. 3 показан блок питания, выполненный как объемная конструкция. Как видно на рисунке, она позволяет в небольшом объеме разместить большое количество деталей. Достигается это тем, что детали крепят на стенках шасси.

Блочная конструкция, состоящая из отдельных функциональных блоков, применяется в приемниках и телевизорах. В некоторых видах аппаратуры каждый блок можно наладить независимо от остальных. Кроме того, в радиолюбительских условиях такая конструкция удобна тем, что можно, совершенствуя радиоаппарат, заменять отдельные блоки, не затрагивая при этом остальных. В радиоприемниках иногда в отдельные блоки выделяют высокочастотную часть и иногда блок питания.

Телевизор блочной конструкции разбивается на блоки: входной блок (переключатель программ), блок синхронизации и кадровой развертки, строчной развертки, блок усилителей промежуточной частоты с усилителем НЧ и блок питания.

Выбрав подходящий для данного радиоаппарата тип конструкции, следует приступить к самому ответственному этапу конструирования — компоновке.

Компоновка — размещение деталей на шасси или на плате — работа творческая. Расположив

детали, не следует считать работу законченной. Нужно посмотреть, что можно улучшить, переставив детали иначе. Надо оставить наилучший из двух-трех вариантов компоновки.

Компоновку лучше всего производить на миллиметровке. На листе миллиметровки вычерчивают прямоугольник, приблизительно соответствующий размеру шасси, и располагают на нем радиодетали или силуэты их, вырезанные из бумаги или еще лучше из картона, в таком порядке, в каком предполагается смонтировать их на шасси.

При этом может получиться, что ориентировочно взятые размеры шасси или недостаточны, или же чрезмерно велики. Тогда, разметив детали, очерчивают вокруг них прямоугольник, который и покажет действительно необходимые размеры шасси.

О компоновке плат с печатным монтажом см. на стр. 244.

**Конструирование ламповых радиоприемников.** Ламповый приемник собирают на угловой панели, или на плоском шасси. Сверху его горизонтальной платы крепят блок конденсаторов переменной емкости, радиолампы, контуры ПЧ, трансформатор питания. Иногда к шасси крепят и динамик (чаще он крепится непосредственно к ящику приемника). Катушки входного устройства, усилителя ВЧ и гетеродина помещают вблизи блока конденсаторов переменной емкости и переключателя диапазонов (галетного или клавишного). Под горизонтальной платой размещают остальные детали схемы — конденсаторы и резисторы.

Ящик радиоприемника имеет переднюю стенку с вырезами для шкалы, ручек управления, громкоговорителя. Шасси вдвигается в ящик сзади, при этом оси ручек управления пропускают через отверстия в передней стенке ящика. На оси и закрепляют ручки управления.

## КОНСТРУИРОВАНИЕ МАЛОГАБАРИТНЫХ ПРИЕМНИКОВ<sup>1</sup>

Подавляющее большинство ламповых приемников собрано на металлическом основании (шасси), которое в большинстве случаев одновременно выполняет роль «земляного» провода и экрана между отдельными деталями, входящими в схему приемника.

По мере уменьшения габаритов и веса приемников, применения транзисторов, малогабаритных деталей и магнитных антенн, все чаще отказываются от металлического шасси, используя для размещения деталей монтажную плату из изоляционного материала. Это обстоятельство

накладывает вполне определенные требования на размещение деталей с точки зрения экранирования и обеспечения минимальных паразитных связей между соответствующими каскадами приемника. Эти требования особенно необходимо соблюдать при изготовлении малогабаритных «карманных» приемников супергетеродинного типа, обладающих достаточно большой чувствительностью.

На рис. 1 и 2 приведены наиболее характерные функциональные схемы приемников прямого усиления и супергетеродинного типа. На этих же схемах указаны возможные пути наиболее опасных паразитных связей.

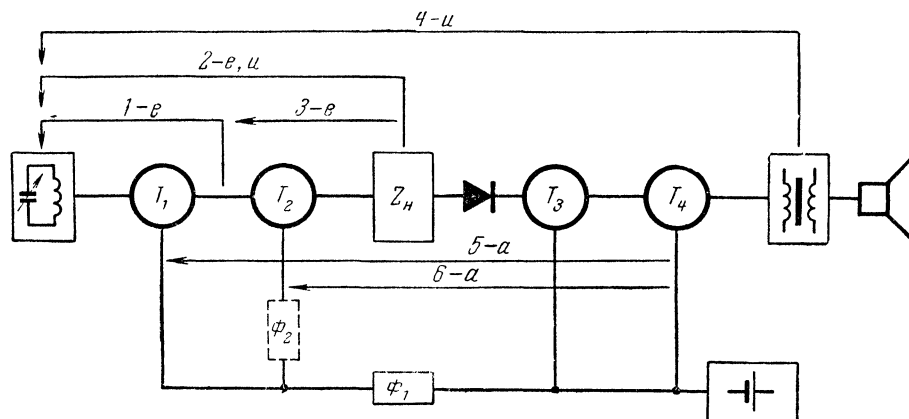


Рис. 1. Функциональная схема приемника прямого усиления.

а — пути возникновения паразитных обратных связей через активные сопротивления; е — пути возникновения емкостных обратных связей; и — пути возникновения индуктивных связей.

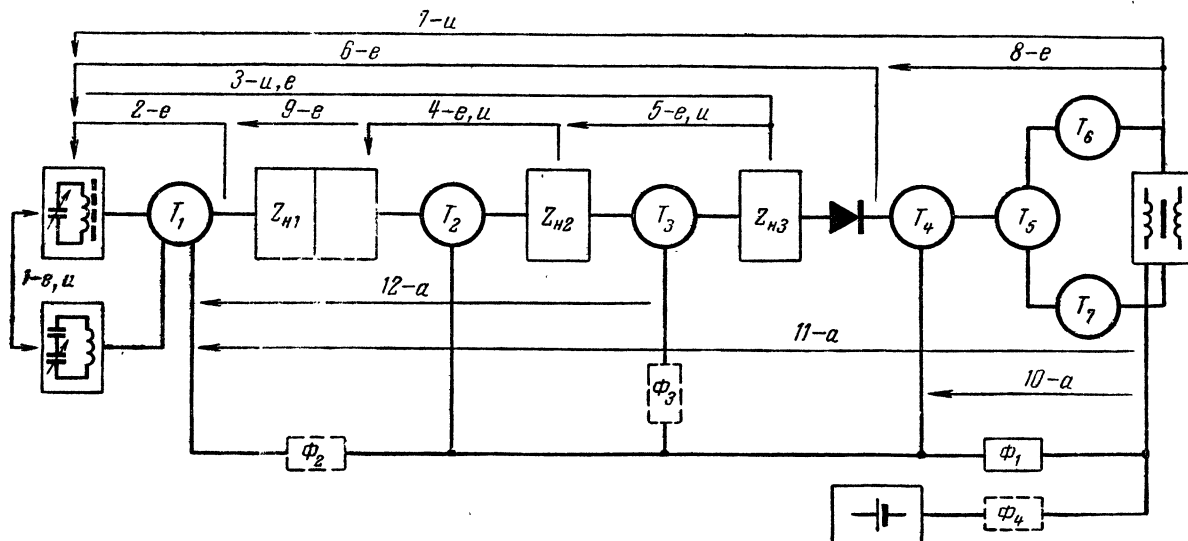


Рис. 2. Функциональная схема супергетеродинного приемника

Как видно из рис. 2, по мере усложнения схемы приемника возможных причин его нестабильной работы становится все больше, и тем тщательнее следует продумывать монтаж с целью исключения возможных паразитных связей. Рассмотрим для примера каждую из возможных паразитных связей в приемнике прямого усиления, а затем попробуем найти такое конструктивное решение, при котором наличие этих связей наименее вероятно.

На рис. 1 представлена функциональная схема приемника прямого усиления типа 2-V-2, содержащего два каскада усиления высокой частоты, детектор и два каскада усиления низкой частоты. Наиболее часто встречающаяся связь 1 — емкостная связь коллектора первого высокочастотного транзистора  $T_1$  с контуром магнитной антенны, приводящая к самовозбуждению первого каскада УВЧ. Эта связь может быть устранена путем удаления первого транзистора от цепей магнитной антенны на достаточное расстояние (2—3 см) или экранированием транзистора  $T_1$  путем применения статического экрана. Связь 2 может носить индуктивный характер в случае применения на выходе тракта УВЧ широкополосного трансформатора или дросселя или емкостной — в случае отсутствия указанных деталей. В последнем случае меры борьбы с ней те же, что и со связью типа 1. В первом случае следует экранировать широкополосный трансформатор или дроссель магнитным экраном или отвести их на монтажной плате за пределы магнитного поля магнитной антенны. Обычно считают, что катушка индуктивности, намотанная на кольцевом (тороидальном) сердечнике, не обладает внешним магнит-

ным полем и что такие катушки можно располагать в непосредственной близости друг от друга. Однако это не совсем точно. Дело в том, что катушки с тороидальным (кольцевым) сердечником не обладают внешним полем только при условии, что они весьма равномерно намотаны по всей окружности сердечника и в непосредственной близости от них нет предметов, искажающих форму их поля. И первое и второе обстоятельства, как правило, нарушаются радиолюбителями при изготовлении и размещении такого рода катушек и трансформаторов. Наглядным примером этому может служить приемник «Пионер» («Радио», № 10, 1958), в котором тороидальный трансформатор устанавливается на вращающемся основании и вращение его вокруг оси используется для регулировки громкости путем изменения положительной обратной связи. При конструировании этого приемника следовало бы учесть это обстоятельство и для предотвращения обратной связи типа 2, трансформаторы и дроссели вынести из поля магнитной антенны или экранировать.

Связь 3, как правило, емкостная и может осуществляться через паразитную емкость коллектор  $T_1$  — коллектор  $T_2$  в случае применения высокочастотных транзисторов типов П401—П403 при близком расположении их друг от друга.

При плохой фильтрации токов высокой частоты в детекторном каскаде и близком расположении выходного трансформатора или электромагнитного громкоговорителя к магнитной антенне может возникнуть связь типа 4; она обычно носит индуктивный характер. Пути борьбы с ней вытекают из причин ее возникнове-

ния: улучшение фильтрации токов ВЧ в детекторном каскаде (выполнение детекторного каскада по схеме двухполупериодного выпрямления, увеличение емкости фильтра, подключенного параллельно нагрузке детектора), завал высоких частот в каскадах усиления низкой частоты, вынесение выходного трансформатора за пределы магнитного поля магнитной антенны, заземление корпуса громкоговорителя, правильная ориентация выходного трансформатора по отношению к магнитному полю антенны и т. д.

Кроме перечисленных связей, могущих возникнуть в результате неправильного расположения деталей приемника друг относительно друга, возможны связи типа *б* и *в* через общее активное сопротивление в цепях питания отдельных каскадов. Так, например, плохо отфильтрованные токи высокой частоты через усилитель низкой частоты могут проникнуть через цепи питания на вход каскадов высокой частоты, что также может привести к самовозбуждению приемника по высокой частоте. Для уменьшения этой возможности в цепях питания применяют

развязывающие фильтры  $\Phi_1 - \Phi_2$ . В данном конкретном случае наличие одного фильтра  $\Phi_1$  разрывает цепь для связей *б* и *в*, однако при недостаточных фильтрующих свойствах этого фильтра (мала емкость фильтра или мало его сопротивление) может понадобиться дополнительное звено фильтра  $\Phi_2$ , например, в цепи первого высокочастотного транзистора  $T_1$ .

В случае применения трехкаскадного усилителя низкой частоты возможна генерация приемника по низкой частоте, пути возникновения которой и меры борьбы с ней будут рассмотрены несколько ниже при разборе связей в функциональной схеме на рис. 2.

Прежде чем перейти к рассмотрению наиболее радикальной с точки зрения отсутствия связей конструкции приемника, следует остановиться на видах и конфигурациях магнитных и статических полей вокруг деталей, обладающих наиболее сильными и ярко выраженными полями. На рис. 3 приведены примерные формы полей для основных деталей приемников.

Попробуем найти подходящее расположение деталей приемника, выполняемого по функцио-

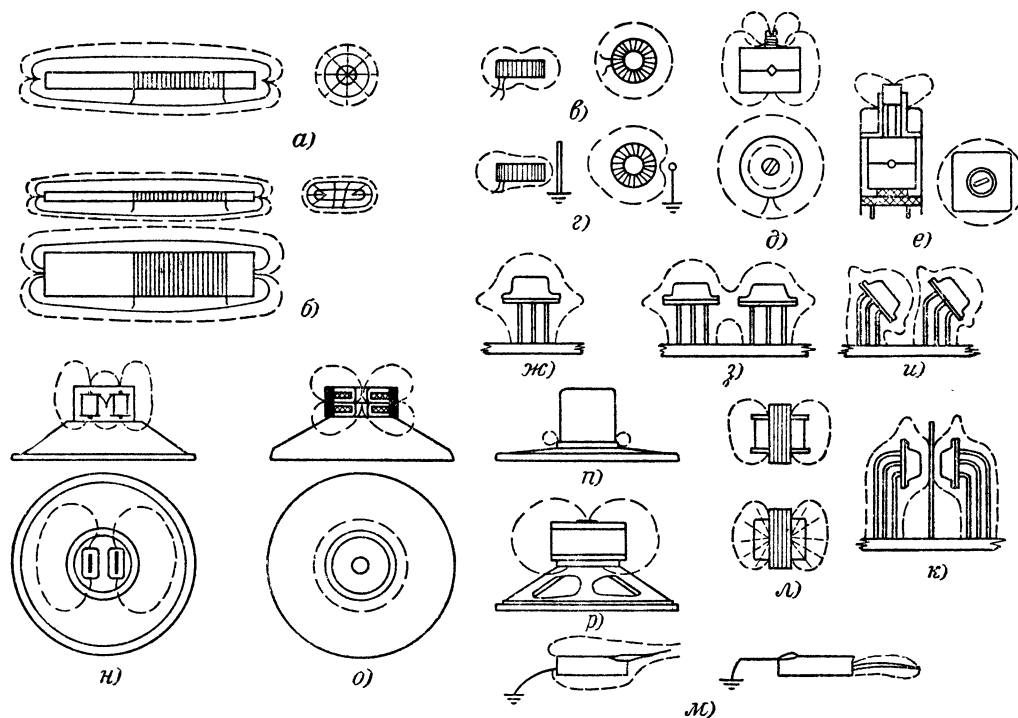


Рис. 3. Примерные конфигурации магнитных и электрических полей различных деталей схем приемников.

*а, б* — магнитные поля магнитных антенн; *в* — поле уединенной катушки индуктивности на торондальном сердечнике; *г* — то же при близком расположении постороннего проводника; *д, е* — магнитные поля катушек в броневых сердечниках в экране и без него; *ж, з* — электрические поля транзисторов и взаимное влечение их; *и, к* — способы уменьшения емкостной связи между близко стоящими транзисторами; *л* — форма магнитного поля трансформатора НЧ; *м* — зависимость формы электрического поля конденсаторов типа КТМ от заземления внешней или внутренней обкладки; *н* — вид магнитного поля электромагнитного громкоговорителя на базе малогабаритного телефона; *о* — то же на базе ДЭМШ-1; *п, р* — поля рассеяния динамических громкоговорителей с криволинейными и кольцевыми магнитами.

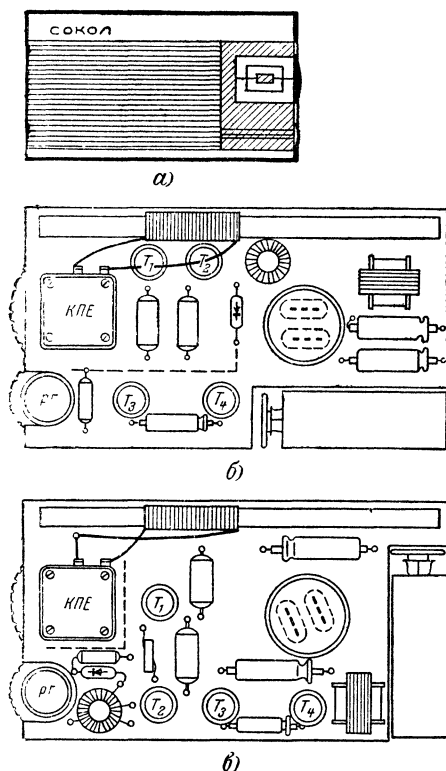


Рис. 4. Примеры расположения деталей в приемниках горизонтальной конструкции.

нальной схеме на рис. 1. Расположение конденсатора переменной емкости и громкоговорителя, как правило, определяется конструктивными и эстетическими особенностями футляра (корпуса) изготавливаемого приемника. При горизонтальном расположении приемника (рис. 4, а), которое принято в приемнике «Сокол», место конденсатора однозначно определяется удобством оформления шкально-верньерного устройства, а место громкоговорителя — декоративной решеткой на передней панели корпуса. Расположение остальных деталей может быть различным, например на рис. 4, б и в приведены два варианта размещения деталей, входящих в схему приемника. Совершенно очевидно, что при выполнении приемника по варианту на рис. 4, б возможен целый ряд нежелательных магнитных и емкостных связей, большинство из которых устраняется при выполнении приемника по варианту на рис. 4, в. Основными недостатками размещения деталей в варианте на рис. 4, б являются: возможность емкостной связи коллекторов обоих транзисторов с катушкой контура, расположенной на стержне магнитной антенны, возможность индуктивной связи между широкополосным трансформатором (дресселем)

и магнитной антенной, возможность индуктивной связи антенны с электромагнитным громкоговорителем из-за неправильной ориентации его катушек по отношению к антенне или возможность связи антенны с выходным трансформатором из-за близкого расположения динамического громкоговорителя и неправильной ориентации.

На рис. 5 представлен вариант вертикального выполнения приемника, обеспечивающий отсутствие паразитных связей при сравнительно компактном расположении деталей.

Кроме правильного расположения основных деталей на монтажной плате приемника, следует помнить об основном требовании к монтажу радиоаппаратуры: обеспечение минимальной емкости между проводами, несущими токи высокой частоты. Особенно это касается проводов, принадлежащих различным каскадам.

При конструировании приемников супергетеродинного типа размещение деталей усложняется как большим количеством деталей, так и большей возможностью возникновения различных вредных связей в схеме приемника. Рассмотрим с этой точки зрения функциональную схему транзисторного приемника супергетеродинного типа (рис. 2), содержащую входной и гетеродинный контур, преобразователь частоты на транзисторе  $T_1$ , полосовой фильтр (например, из трех контуров); первый каскад усиления промежуточной частоты на транзисторе  $T_2$  с нагрузкой в виде контура или резистора; второй каскад УПЧ на транзисторе  $T_3$  с нагрузкой, как правило, в виде контура ПЧ; детекторный каскад и три каскада усиления низкой частоты на транзисторах  $T_4—T_7$ , причем оконечный каскад выполнен по двухтактной схеме. По такой функциональной схеме изготавливаются многие приемники, выпускаемые нашей промышленностью, например «Атмосфера», «Сокол», «Селга» и т. д. Рассмотрим наиболее часто встречающиеся паразитные связи, приводящие к различного рода неполадкам в работе такого приемника.

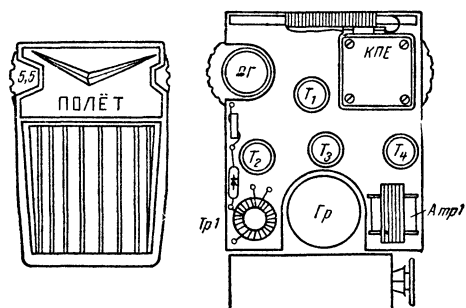


Рис. 5. Пример расположения деталей в приемнике вертикальной конструкции.

Связь *1-е* — емкостная, между секциями блока конденсаторов переменной емкости (КПЕ). Такая связь в схемах преобразователей частоты с совмещенным гетеродином приводит к неустойчивой работе гетеродина, особенно на высокочастотном конце диапазона, и к взаимовлиянию настроек входного и гетеродинного контуров. К таким же последствиям приводит наличие сильной индуктивной связи между этими контурами — связь *1-и*. Связь эта, как правило, легко устраняется правильным размещением гетеродинного контура по отношению к входному. Например, в случае выполнения входного контура в виде магнитной антенны, магнитное поле которой значительно, следует катушку гетеродинного контура располагать так, чтобы ее магнитное поле было перпендикулярно полю антенны, или экранировать катушки контура гетеродина. Связь *1-е* может возникнуть при отсутствии экрана между секциями КПЕ, при отсутствии заземления этого экрана, при выполнении самодельного КПЕ не в виде «бабочки», т. е. с противоположным расположением статорных пакетов пластин, и, наконец, при наличии нескольких диапазонов в приемнике — из-за неправильного выполнения переключателя диапазонов, имеющего большую проходную емкость между соответствующими ламелями. Способы устранения связи типа *1-е* вытекают непосредственно из причин их возникновения.

Связь типа *2-е* может возникнуть, помимо наличия проходной емкости транзистора  $T_1$ , из-за близкого расположения неэкранированного корпуса-коллектора высокочастотного транзистора и обмоток на стержне магнитной антенны. Наличие этой связи приводит к самовозбуждению приемника на частотах, близких к промежуточной (конец СВ и начало ДВ диапазонов).

Связь типа *3-и, е* — наиболее часто встречающийся вид связи, приводящий, как правило, к неустойчивой работе приемника почти во всем средневолновом и длинноволновом диапазонах. Она, как правило, возникает из-за плохой экранировки последнего контура ПЧ, близком его расположении к магнитной антенне и отсутствии экранировки последнего транзистора УПЧ. Этот вид связи особенно часто встречается в малогабаритных конструкциях приемников, когда даже максимальное удаление вышеперечисленных деталей от магнитной антенны все же оказывается недостаточным из-за весьма значительного коэффициента усиления высокочастотного тракта. В промышленном приемнике «Сокол» для борьбы с этого рода связью последний контур ПЧ максимально удален от входных цепей, а транзистор  $T_3$  помещен в заземленный экран.

Менее часто встречающийся вид связи — индуктивная связь *7-и* выходного трансформатора с входной цепью, устраняется отнесением выходного трансформатора от входных цепей и правильной ориентацией его магнитного поля по отношению к магнитному полю антенны.

Связи типа *4-е, и* и *5-е, и* возникают при отсутствии экранировки соответствующих контуров ПЧ и коллекторных цепей транзисторов  $T_2$  и  $T_3$ . Они приводят к самовозбуждению соответствующих каскадов УПЧ.

Связь *6-е* может возникнуть при близком расположении нагрузки детекторного каскада (например, регулятора громкости) ко входным цепям и приводит к самовозбуждению во всем диапазоне принимаемых частот или на его участках, близких к промежуточной частоте.

Наличие сильной емкостной связи типа *8-е* в трехкаскадном УНЧ может привести к генерации усилителя низкой частоты на сверхзвуковых или верхних звуковых частотах. Устранение этой связи требует более правильного размещения деталей УНЧ или «завала» его частотной характеристики в области высоких звуковых частот. Связь типа *9-е* не оказывает ярко выраженного влияния на работу приемника и о ее существовании можно судить только при наличии приборов, позволяющих снять кривую избирательности приемника, которая может быть значительно искажена благодаря наличию непосредственной связи между третьим и первым контурами фильтра сосредоточенной селекции. Если фильтр состоит только из двух контуров, ее влияние уменьшается.

Связь *10-а* возникает из-за высокого внутреннего выходного сопротивления источника питания и приводит к генерации на одной из частот звукового диапазона или к релаксационным колебаниям в схеме УНЧ. Меры борьбы с ней: установление соответствующих развязывающих фильтров  $\Phi_1$  и  $\Phi_4$  с конденсаторами тем большей емкости, чем больше усиление низкочастотного тракта и чем на более низких частотах должен работать усилитель. Следует отметить, что зачастую наличие фильтра  $\Phi_4$  (как правило, это конденсатор большой емкости) кажется сомнительным — собранный усилитель работает стабильно. Однако через несколько часов эксплуатации по мере истощения батареи и роста ее внутреннего сопротивления появляются искажения, а затем возникает низкочастотная генерация или релаксация. Необходимость в фильтре  $\Phi_4$  проверяется опытным путем при подсоединении к приемнику истощенной батареи, имеющей предельно допустимое падение напряжения. Если при этом включение конденсатора большой емкости (100—500 мкф)



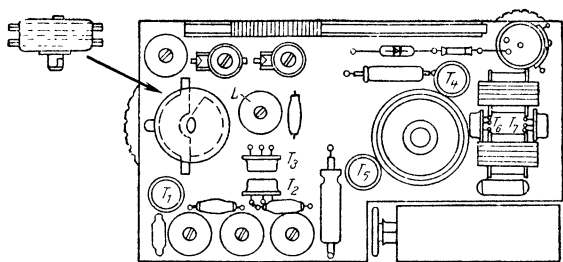


Рис. 6. Пример неудачного расположения деталей.

не приводит к улучшению работы приемника, то его можно в приемник не ставить.

Связь 11-а возникает, как правило, в двухтактном выходном каскаде приемника. Следствиями этой связи при отсутствии фильтров  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  являются нестабильная работа преобразовательного каскада, генерация ВЧ тракта на звуковой частоте, прерывистая генерация гетеродина. Меры борьбы: установление дополнительного фильтра  $\Phi_2$ , улучшение фильтра  $\Phi_1$ , а при недостаточности этих мер — применение развязывающих фильтров во всех высокочастотных каскадах приемника.

Связь 12-а может возникнуть при отсутствии или плохом качестве фильтра  $\Phi_3$ . Она приводит к самовозбуждению тракта промежуточной частоты, особенно при наличии трех каскадов в высокочастотном тракте.

Таковы в принципе основные паразитные связи, могущие иметь место в современных транзисторных приемниках супергетеродинного типа.

В качестве неудачного примера расположения деталей супергетеродинного приемника рассмотрим реально выполненную радиолюбительскую конструкцию, наладить которую радиолюбителю так и не удалось. Расположение деталей на плате этого приемника приведено на рис. 6.

На первый взгляд расположение деталей довольно компактное и даже принят ряд мер по предотвращению самовозбуждения: например, трехконтурный фильтр ПЧ («фильтр сосредоточенной селекции» — ФСС) отнесен от магнитной антенны, последний контур УПЧ отнесен от ФСС. Однако наладить приемник, выполненный в таком конструктивном оформлении, практически невозможно. Вот основные промахи, допущенные радиолюбителем-конструктором:

1. Все контуры фильтра основной селекции, кроме емкостной связи, имеют паразитную индуктивную связь, величина которой зависит от материала магнитного сердечника катушек контуров ПЧ, взаиморасположения их и искажающих поле деталей, размещенных в непосредственной близости к ним. Поэтому можно получить совершенно неудовлетворительную с точки зрения избирательности кривую селективности.

2. Расположенные в торец друг другу транзисторы  $T_2$  и  $T_3$ , работающие в каскадной схеме УПЧ, имеют большую взаимную емкость, сводящую на нет достоинства каскадной схемы и приводящую к самовозбуждению каскада ПЧ.

3. Последний контур ПЧ расположен в непосредственной близости к входному и гетеродинному контуру.

4. Параллельно и в непосредственной близости к магнитной антенне размещены цепи детекторного каскада, в том числе выходная цепь детекторного каскада (регулятор громкости).

5. Трансформаторы НЧ расположены так, что между ними на верхних звуковых частотах возможна магнитная связь, приводящая к генерации УНЧ. Кроме того, возможна индуктивная связь выходного трансформатора с магнитной антенной.

6. Выход детекторного каскада (регулятор громкости), который одновременно является вхо-

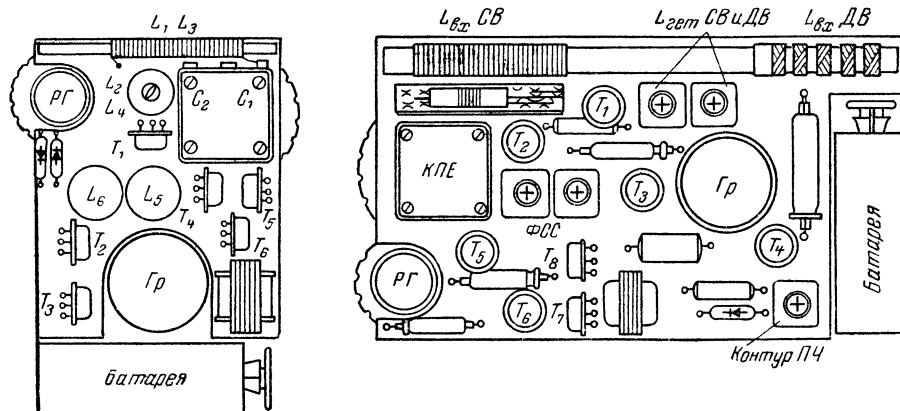


Рис. 7. Примеры удачного расположения деталей в одно- и двухдиапазонном приемниках.

дом УНЧ, расположен в непосредственной близости к выходу УНЧ, что также может привести к генерации УНЧ.

Кроме перечисленных недостатков, этим радиолюбителем был допущен ряд неточностей следующего характера: не был заземлен экран между секциями статора блока конденсаторов переменной емкости, что привело к увеличению проходной емкости между секциями. Был применен динамический громкоговоритель типа ЛП-01 (выпуск ГДР) с фероксдюрным кольцевым магнитом, который имеет значительное поле рассеивания, и это привело к уменьшению магнитной проницаемости магнитной антенны; конденсатор фильтра  $\Phi_4$  подсоединен непосредственно к зажимам батареи, а не после выключателя питания (это обстоятельство иногда при-

водит к генерации УНЧ из-за плохого контакта в выключателе).

Как видно из данного примера, начинающим радиолюбителям при изготовлении приемников следует тщательно копировать размещение деталей той или иной конструкции, а радиолюбителям с большим опытом тщательно продумывать расположение деталей и монтаж. Из этих же соображений начинающим радиолюбителям не следует стремиться к излишним сокращениям габаритов сложных приемников. Более того, первоначально их следует выполнять в больших размерах, чем это рекомендуют авторы конструкции.

В заключение на рис. 7 приводится ряд правильных с точки зрения размещения основных деталей конструкций транзисторных приемников.

## КОНСТРУИРОВАНИЕ РАДИОАППАРАТУРЫ<sup>1</sup>

**Конструирование телевизоров.** Конструктивное выполнение телевизоров отличается большим разнообразием.

На рис. 1 показан новый заводской переносный телевизор «Юность», а на рис. 2 — телевизор любительского изготовления, отмеченный на XIX Всесоюзной радиовыставке.

Достаточно простой является конструкция телевизора, собранного на П-образной панели (рис. 3, а). Он несложен в изготовлении, а детали, расположенные сверху панели, — доступны.

Доступ к деталям, расположенным снизу, затруднен, так как для того, чтобы к ним добраться, необходимо телевизор класть на бок.

Для уменьшения размеров телевизора его монтируют на нескольких панелях, расположенных в общей раме. При этом может быть много вариантов расположения таких панелей относительно кинескопа. Два варианта подобного конструктивного выполнения телевизора приведены на рис. 3, б и в. На них показано расположение плат, но детали на платах могут располагаться по-разному. Если разместить лампы снаружи, а монтаж внутри, то телевизор будет удобен в эксплуатации, легко будет менять лампы, но зато его трудно будет ремонтировать и наладивать. Если расположить лампы внутри, то будет затруднен доступ к ним, но зато такой телевизор будет легко ремонтировать и наладивать. Для лучшего доступа к де-

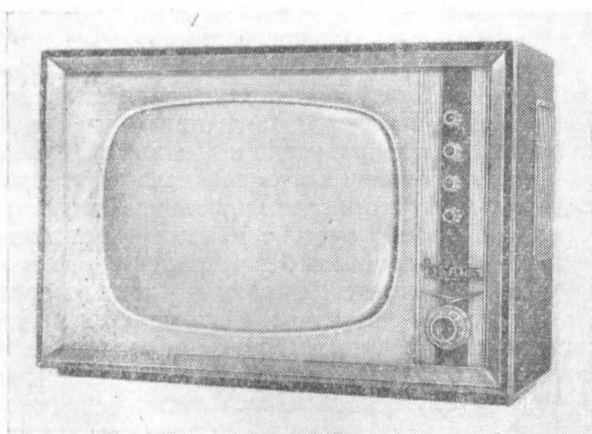


Рис. 1. Переносный телевизор «Юность» с новым кинескопом (размер по диагонали 23 см). Питание осуществляется от аккумуляторов и сети переменного тока.

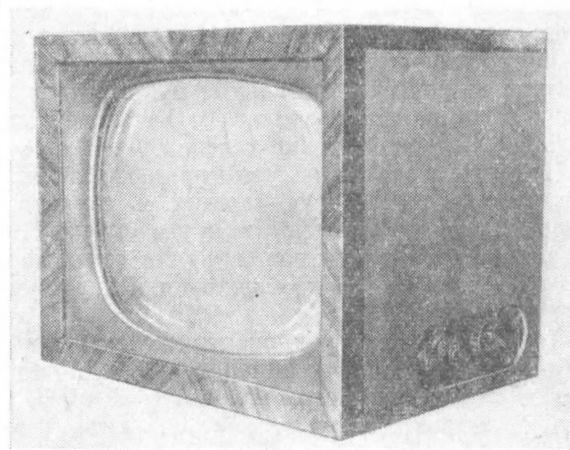


Рис. 2. Любительский телевизор, приближающийся к заводским моделям. Конструктор К. Н. Шарутин (Владивосток).

<sup>1</sup> По материалам Г. А. Бортновского.

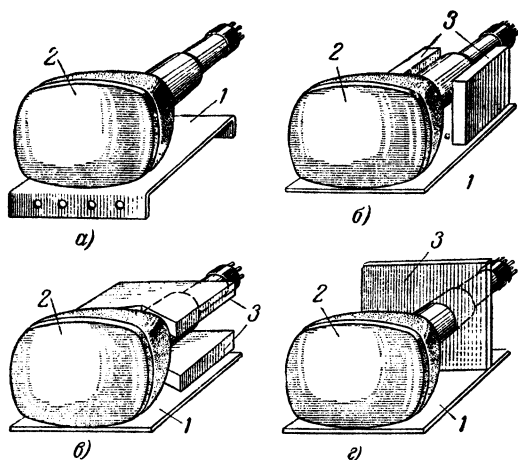


Рис. 3. Типы конструкций телевизоров.

*а* — на одном плоском шасси; *б* — с блоками, смонтированными на двух вертикальных шасси; *в* — то же на двух горизонтальных шасси; *г* — с вертикальной монтажной панелью; 1 — основная горизонтальная панель (шасси); 2 — кинескоп; 3 — шасси блоков разверток, приемно-усилительных блоков и т. д.

талям или лампам панели иногда делают откидными на шарнирах.

На рис. 3, *г* приведена удобная конструкция телевизора. Если крупные детали и лампы расположить в направлении колбы кинескопа, а монтаж наружу, то при этой конструкции одинаково легкий доступ будет и к лампам и монтажу.

В последнее время все больше и больше телевизоров конструируется в блочном исполнении: о преимуществах блочной конструкции аппаратуры см. стр. 235.

При конструировании телевизора надо выполнять следующие условия: детали, подлежащие регулировке при наладживании телевизора, располагать в доступных местах и не закрывать их другими деталями и монтажом. Основные ручки управления — «яркость», «контрастность» и «громкость» — располагают на лицевой стенке футляра телевизора. Остальные ручки управления и регулировки располагают на задней или на правой боковой стенке телевизора.

Не следует размещать узлы разверток вблизи каскадов детектора изображения и звукового сопровождения, видеоусилителя и каскадов НЧ, это может затруднить наладживание телевизора и ухудшить качество изображения и звукового сопровождения.

**Конструирование радиоизмерительной аппаратуры.** Измерительную аппаратуру обычно монтируют на металлической угловой панели. Глубину ее подвала надо стремиться делать возможно меньшей, так как в этом случае детали будут доступнее. Она может колебаться от 20 до 100 мм. Подвал большой глубины (более

50 мм) можно делать у больших панелей. Глубокий подвал у небольших панелей затруднит монтаж. В подвале размещают детали, боящиеся нагрева: полупроводниковые приборы (особенно германиевые и селеновые), конденсаторы и маломощные резисторы. Сверху горизонтальной платы устанавливают детали, которые греются сами, или детали, не боящиеся нагрева: радиолампы, трансформаторы, резисторы большой мощности и т. п. Детали, размещаемые в подвале, надо ориентировать так, чтобы минимальный размер их был вертикальным (если это не усложнит монтаж).

Высота лицевой панели определяется как размер подвала плюс требуемая высота пространства над шасси. Последняя зависит от размера деталей, укрепленных над шасси — радиоламп, трансформаторов, конденсаторов переменной емкости, катушек и т. п. Иногда бывает, что одна или несколько деталей намного больше остальных. Использование таких деталей делает высоту панели неоправданно большой. Избегать этого можно, «утопив» деталь, т. е. опустив ее крепление ниже шасси (рис. 4). Все эти рекомендации следует учитывать и при конструировании радиоприемников и блоков телевизоров.

Особенное внимание должно быть обращено на размещение на лицевой панели органов управления и коммутации. От их расположения зависит удобство эксплуатации прибора. Стрелочные приборы следует располагать в верхней части лицевой панели. Под ними размещают ручки управления (потенциометры, переключатели и т. п.). Снизу панели монтируют штепсельные разъемы и выводят шнур питания. Там же размещают предохранители и выключатель сети.

**Конструирование плат с печатным монтажом.** Если при конструировании простейшей радиолюбительской аппаратуры с навесным монтажом можно иногда обойтись без чертежей и всю компоновку и монтаж выполнять, как говорят, «по месту», то в случае изготовления радиоаппаратуры с печатным монтажом чертежи обязательны.

Все навесные детали располагают на одной стороне платы, а печатный монтаж на другой.

Радиолюбителю, который займется конструированием устройств с печатным монтажом, придется переделать целый ряд деталей навесного монтажа. У потенциометров типа СП выводы отгибают на 90° С (рис. 5, 1).

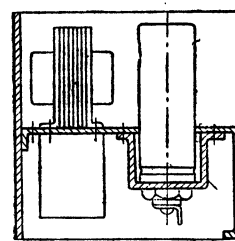


Рис. 4. Электролитический конденсатор типа КЭ-2 с креплением ниже горизонтальной плоскости шасси.

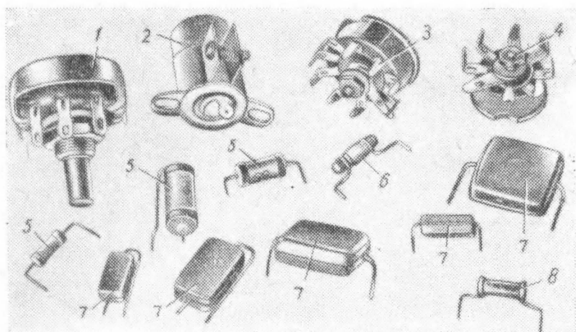


Рис. 5. Радиодетали, приспособленные для монтажа на печатной плате.

1 — переменный резистор типа СП; 2 — электролитический конденсатор типа КЭ-1; 3 — десятищтырьковая панель для пальчиковой лампы; 4 — семищтырьковая ламповая панель; 5 — резистор типа МЛТ; 6 — германиевый диод типа Д2; 7 — конденсаторы слюдяные типа КСО; 8 — конденсатор керамический типа КТ-2.

Электролитические конденсаторы с креплением гайкой (КЭ-2) применять на платах с печатным монтажом неудобно. Здесь удобны электролитические конденсаторы типа КЭ-1, которые крепят хомутиками с лапками, пропущенными через отверстия в плате и загнутыми с противоположной стороны, или же хомутиками с креплением болтиками (рис. 5, 2). Обычные ламповые панельки для печатного монтажа непригодны и их нужно несколько изменить. На рис. 5, 4 показана панель для пальчиковых ламп, приспособленная для использования в конструкции с печатным монтажом: выводы отогнуты и в центральное отверстие ламповой панели вставлен винт с потайной головкой для крепления ее на плате.

У мелких деталей — резисторов, конденсаторов малой емкости и т. п. необходимо отогнуть выводы в одну сторону (рис. 5, 5—5, 8), причем расстояния между отогнутыми выводами деталей одного и того же типа должны быть одинаковы.

Большие детали, например блоки конденсаторов переменной емкости, трансформаторы и т. п., имеющие малое количество выводов, необязательно переделывать, а можно, закрепив в печатной плате проволоочные выводы соответствующей длины, припаивать их к выводам деталей. При этом необходимо следить за тем, чтобы выводы не могли перемещаться в отвер-

стиях, в противном случае может произойти обрыв печатных проводников. Это замечание относится также и к закреплению мелких деталей — резисторов и конденсаторов (рис. 6).

Прежде чем приступить к конструированию панели с печатным монтажом, все детали, которые будут крепиться на ней, необходимо вычертить на плотной толстой бумаге в натуральную величину. При конструировании малогабаритной аппаратуры детали лучше вычертить в масштабе 2 : 1. Затем силуэты деталей надо вырезать ножницами, надписав на каждой детали ее обозначение на принципиальной схеме.

Имея силуэты деталей, можно приступить к конструированию. При этом могут быть два случая. В одном случае плату можно изготовить больших размеров, ее габариты не имеют значения, так как другие детали занимают значительно большее место. Например, в телевизоре деталью, определяющей размеры блока разверток, является кинескоп, поэтому панель этого блока может иметь достаточно большие размеры.

Иначе обстоит дело, когда нужно сконструировать малогабаритный радиоприбор, например переносный радиоприемник на транзисторах. В этом случае стремятся максимально уменьшить размеры приемника, что создает трудности при его конструировании.

Методику конструирования устройств с печатным монтажом рассмотрим на примере радиоприемника на транзисторах, собранного по

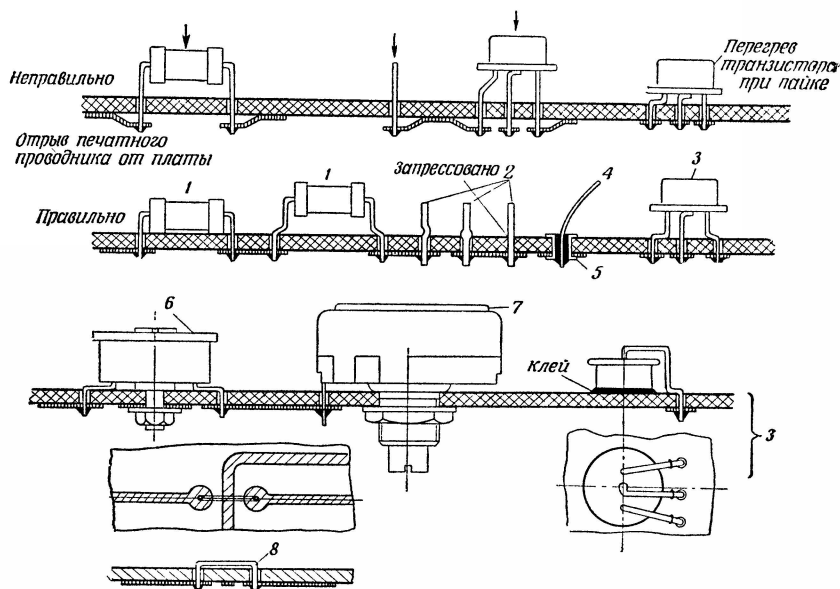


Рис. 6. Крепление деталей на плате с печатным монтажом.

1 — резистор типа МЛТ; 2 — опорная стойка; 3 — маломощный транзистор; 4 — гибкий проводник; 5 — пистон с изоляционной втулкой; 6 — панель для семищтырьковой пальчиковой лампы; 7 — переменный резистор типа СП; 8 — проволоочная перемычка.

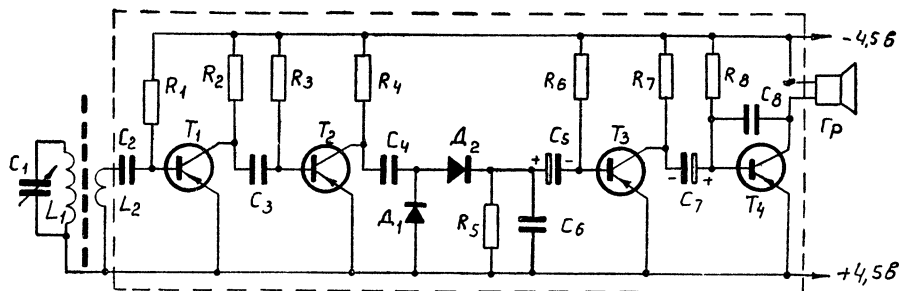


Рис. 7. Принципиальная схема транзисторного приемника.

схеме (рис. 7), предложенной В. П. Морозовым (журнал «Радио», № 5, 1960). По условиям компоновки плата должна иметь форму удлиненного прямоугольника.

Конструирование плат с печатным монтажом производят в несколько этапов. Вначале производится общая черновая компоновка устройства и грубое определение ее размеров (когда размеры платы не заданы). Затем уточняют размеры и вычерчивают общий вид всего устройства и платы с печатным монтажом. После этого изготавливают объемный макет приемника на картонной плате с нарисованным на ней печатным монтажом и вносят коррективы в чертеж.

При конструировании печатного монтажа лучше всего пользоваться чертежной прозрачной бумагой или пергаментом, под который необходимо подложить миллиметровку или вычерченную тушью сетку с размерами клетки  $2 \times 2$  или  $3 \times 3$  мм. Мелкой сеткой (размер клетки  $1 \times 1$  мм) нужно пользоваться при окончательном вычерчивании малогабаритных плат, а более крупной ( $2 \times 2$  мм) при компоновке малогабаритных плат в масштабе 2 : 1.

При конструировании крупных печатных плат применяют сетку с размерами клетки  $3 \times 3$  мм.

Для выполнения черновой наброски компоновки платы на чертежную доску кладут сетку с нужным размером клетки. Поверх нее двумя кнопками в верхних углах закрепляют листок чертежной прозрачной бумаги и намечают предполагаемый размер платы. Затем на бумаге раскладывают соответственно принципиальной схеме вырезанные ранее силуэты деталей (рис. 8). При этом необходимо соблюдать правила монтажа любого радиоустройства: разносить катушки индуктивности, между которыми не должно быть связи и т. п. Соединительные провода печатной схемы необходимо располагать так, чтобы они были по возможности короткими и не перекрещивались. Если этого достичь не удастся, можно поставить в местах пересечения проводников проволочные перемычки (см. рис. 6, деталь 8).

Когда вырезанные из бумаги детали расположены в соответствии со схемой, на них накладывается чертежная прозрачная бумага с координатной сеткой. Координатная сетка с нужным размером клетки (1,2 или 3 мм) чертится карандашом. Листок чертежной прозрачной бумаги кладется в перевернутом виде для того, чтобы при стирании ошибочно проведенных линий сохранялась сетка. Контуры деталей и проводники обводят карандашом условно с той стороны, где и детали (рис. 9, а). В действительности соединительные проводники будут на другой стороне платы.

После этого набросок платы переворачивают и кладут на лист белой бумаги так, что через прозрачную бумагу схема будет видна со стороны печатных проводников (рис. 9, б).

Для получения чертежа печатной платы на листке прозрачной бумаги чертят сетку в соответствии с рис. 9, б.

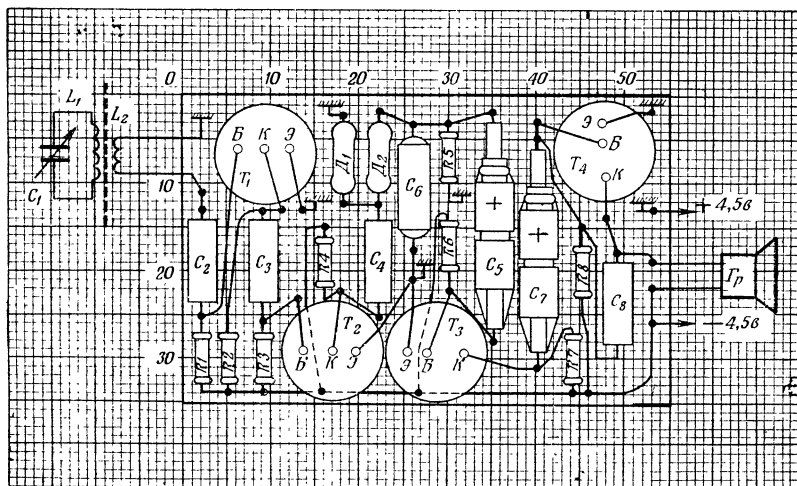


Рис. 8. Черновая компоновка печатной платы.

1 — миллиметровка; 2 — силуэты деталей; 3 — проводники.

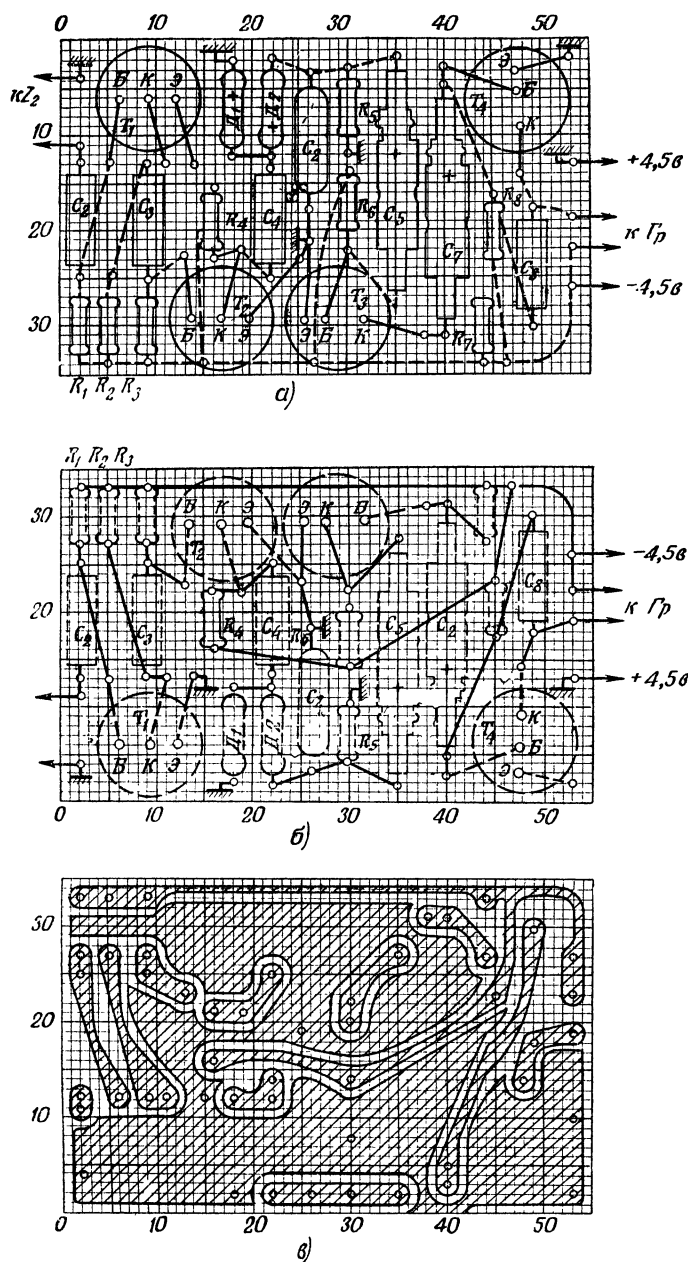


Рис. 9. Конструирование платы с печатным монтажом.  
а — обводка скомпонованной платы; б — перевернутый чертеж платы (действительное расположение проводников); в — чистовый чертеж платы.

Листок переворачивают и кладут на лист белой бумаги. На сетке чертят контур печатной платы и нумеруют ее согласно нумерации на сетке рис. 9, б, а затем переносят с рис. 9, б точки крепления деталей. Все отверстия должны быть в точках пересечения сетки. Между отверстиями вычерчивают провода печатного монтажа (рис. 9, в). Вокруг каждого отверстия должна быть круглая контактная площадка (рис. 10).

Край площадки может быть срезан в том случае, если близко проходит другой проводник и без такого среза трудно обеспечить нужное расстояние между проводниками.

После того, как выполнен чертеж печатной платы, желательно проверить, удачно ли размещены детали. Для этого нужно сделать объемный макет. Делается он так: на листке миллиметровки вычерчивается печатная плата в натуральную величину, затем миллиметровка наклеивается на картон и в нем в точках крепления деталей делают отверстия, в которых закрепляют детали монтажа. По этому макету производится корректировка чертежа, после чего можно приступить к изготовлению платы.

**Конструирование ящиков.** Заключительным этапом конструирования радиоаппаратуры является конструирование ящика. Заводские конструкции ящиков в домашних условиях трудно выполнимы. Описанные ниже конструкции ящиков для радиоаппаратуры просты в изготовлении.

Простейший ящик может быть изготовлен из 3—6 мм фанеры. Собирают его на шипах (рис. 11, а) в стык, на клею и гвоздях (рис. 11, б) или в стык с вклеенным уголком (рис. 11, в и г). Ящик, собранный на шипах, если он сделан аккуратно, можно отполировать или отлакировать. Ящик, собранный в стык, оклеивают дерматином или гранитолем. Углы у ящика по рис. 11, г изготавливают из деревянного цилиндра (палки), распиленного пополам. В каждой его половине вырезаются две ступеньки под углом 90° на толщину фанеры  $t$ . Ящик склеивается казеиновым или столярным клеем и изнутри крепится гвоздиками. С задней стороны вклеивается дно. Этот ящик можно полировать или лакировать.

Простыми средствами можно изготовить хороший ящик из фанеры и картона или бумаги. К двум щекам из 6 мм фанеры приклеивают и прибавляют маленькими гвоздиками полосу тонкого картона или толстой бумаги (ватмана). После высыхания клея операция повторяется: при картоне 2 раза, при ватмане 3—5 раз. На рис. 11, д показан ящик для размещения угловой панели, а ящик рис. 11, е — для приемников или телевизоров, смонтированных на П-образном

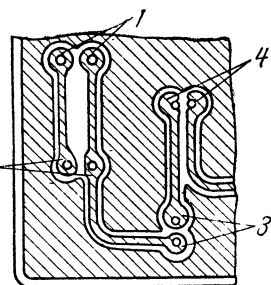


Рис. 10. Положение печатных проводников на плате.

1 — нормальная форма концов проводников; 2 — то же при уменьшенном расстоянии между отверстиями; 3 и 4 — форма концов проводников при малом расстоянии между отверстиями.



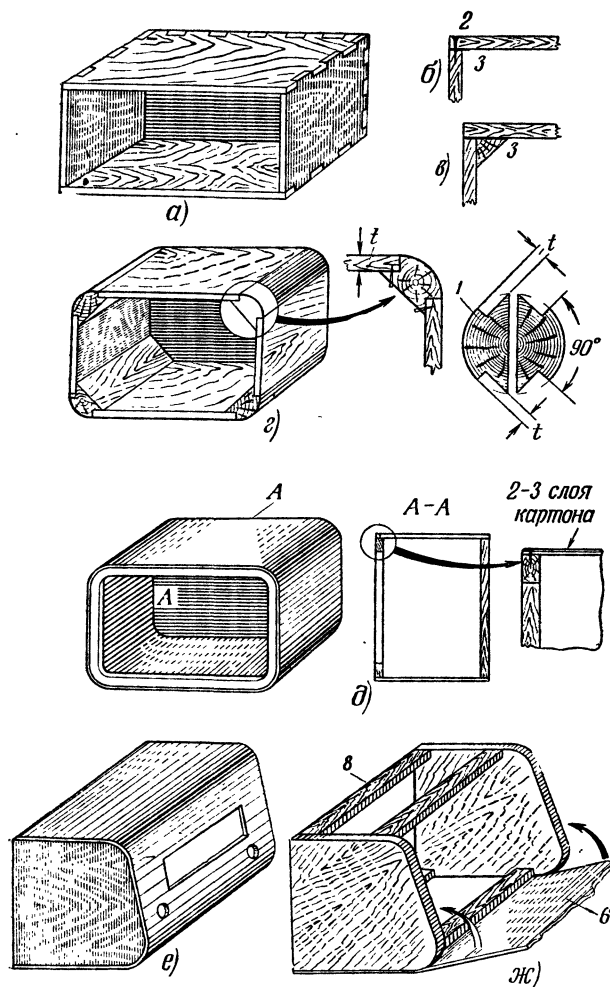


Рис. 11. Ящики для любительской радиоаппаратуры.

а — фанерный ящик с соединением стенок на шипах; б — то же с соединением в стык клеем и гвоздями; в — то же с соединением угловой накладкой; г — то же с закругленными углами; д, е — ящики из фанеры и картона (или бумаги); ж — способ изготовления ящика по рис. 11, е; 1 — распиленный деревянный цилиндр; 2 — гвозди; 3 — клей; 4 — картон или бумага (2—3 слоя); 5 — соединительные планки.

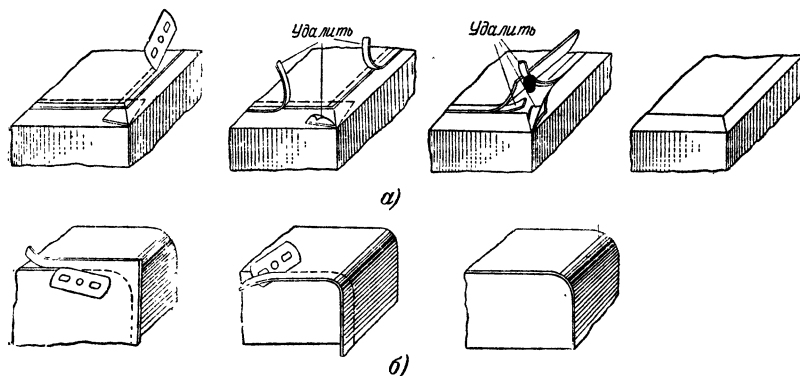


Рис. 12. Обклейка ящика дерматином.

а — внахлест; б — внахлест с закругленным углом.

шасси. Ящики этого типа обклеивают дерматином или гранитолеом.

Обклейка дерматином вполне доступна для каждого радиолюбителя. Она не требует особых приспособлений и оснастки и в то же время обеспечивает достаточно красивый внешний вид изделия. Для обклейки дерматином требуется: клеевка для столярного клея, ножницы, кисточка для клея (плоская шириной 20 мм), лезвия от безопасной бритвы и несколько чистых тряпочек.

Заготовку, вырезанную из дерматина, смазывают с помощью кисточки горячим столярным клеем, после чего прикладывают к обклеиваемой поверхности и приглаживают чистой тряпочкой. Движения нужно делать от центра к краям, для того чтобы выдавить излишки клея. Края дерматина загибают и ими обклеивают стороны или торец ящика. Бывает иногда, что загнутые края дерматина находят друг на друга и в этом месте получаются утолщения, за счет второго слоя дерматина. Для того чтобы его устранить, нужно, пока клей не высох, по середине утолщенного места сделать разрез лезвием безопасной бритвы так, чтобы прорезать оба слоя дерматина; при этом верхний слой одной половинки легко отделится (рис. 12, а). Чтобы удалить вторую половинку, нужно отогнуть лежащий на ней слой и после удаления нижней прижать к деревянной детали. Теперь оба края дерматина будут соединены в стык, а место стыка будет незаметно. После этой операции место стыка надо промыть тряпочкой, смоченной в теплой воде, для того чтобы удалить клей, который всегда будет на одной из половинок дерматина. Точно так же поступают, когда нужно оклеить угол, образуемый между прямой и криволинейной плоскостью.

Можно обклеивать и по другому (рис. 12, б) (в этом случае дерматин не скрепляет углы). Сначала обклеивают плоскость боковой стенки так, чтобы выступали края дерматина. После того, как клей немного подсохнет (через 20—30 мин), выступающие края обрезают лезвием безопасной бритвы. Далее вырезают полоску дерматина, немного шире верхней и передней стенок, и приклеивают его обрезанные места, после чего края обрезаются и угол, в котором будет стык двух кусков дерматина, протирается сырой тряпкой. Если лезвие безопасной бритвы было недостаточно острым, то обрез дерматина может получиться лохматым. В этом случае следует угол промазать клеем, а затем сырой тряпкой смыть этот клей, двигая ее вдоль стыка, при этом волокна дерматина уложатся вдоль шва, приклеятся к нему и будут незаметны.



## МОНТАЖ РАДИОАППАРАТУРЫ

**Крепление радиодеталей (механический монтаж).** Для выполнения работ по креплению радиодеталей и при их электрическом монтаже необходим набор инструмента, показанный на стр. 220.

Все детали перед установкой в радиоаппаратуру необходимо проверить. Невыполнение этого условия в дальнейшем при налаживании радиоаппаратуры потребует затраты лишнего времени на поиски неисправной детали, так как найти неисправную деталь в смонтированной схеме значительно труднее.

Резисторы надо проверить на соответствие их величин номиналу, указанному на корпусе.

Конденсаторы необходимо проверить на отсутствие пробоя и на скрытый обрыв выводов (это иногда бывает, особенно у конденсаторов КСО). У моточных деталей проверяют сопротивление обмоток и отсутствие замыкания между ними.

Радииодетали, имеющие уши, фланцы, лапки и т. п., а также экраны и расшивочные платы, прикрепляют к шасси винтами с гайками, заклепками или пистонами (рис. 1). Для радиодеталей, не имеющих элементов крепления, но по своей конструкции требующих жесткого крепления на шасси, изготовляют скобы, хомуты и т. п. детали, которые прикрепляют к шасси заклепками или винтами.

Крепление электролитических конденсаторов КЭ-2, переменных резисторов и некоторых типов октальных ламповых панелей осуществляют так: в шасси сверлят или прорезают отверстие, в которое пропускают шейку (втулку) детали и на нее с обратной стороны панели навинчивают гайку (рис. 1, з). Трансформаторы НЧ, ПЧ и некоторые другие детали крепят лапками, пропущенными через круглые или прямоугольные отверстия в шасси и загнутыми с обратной стороны (рис. 1, б и ж). Для крепления октальных

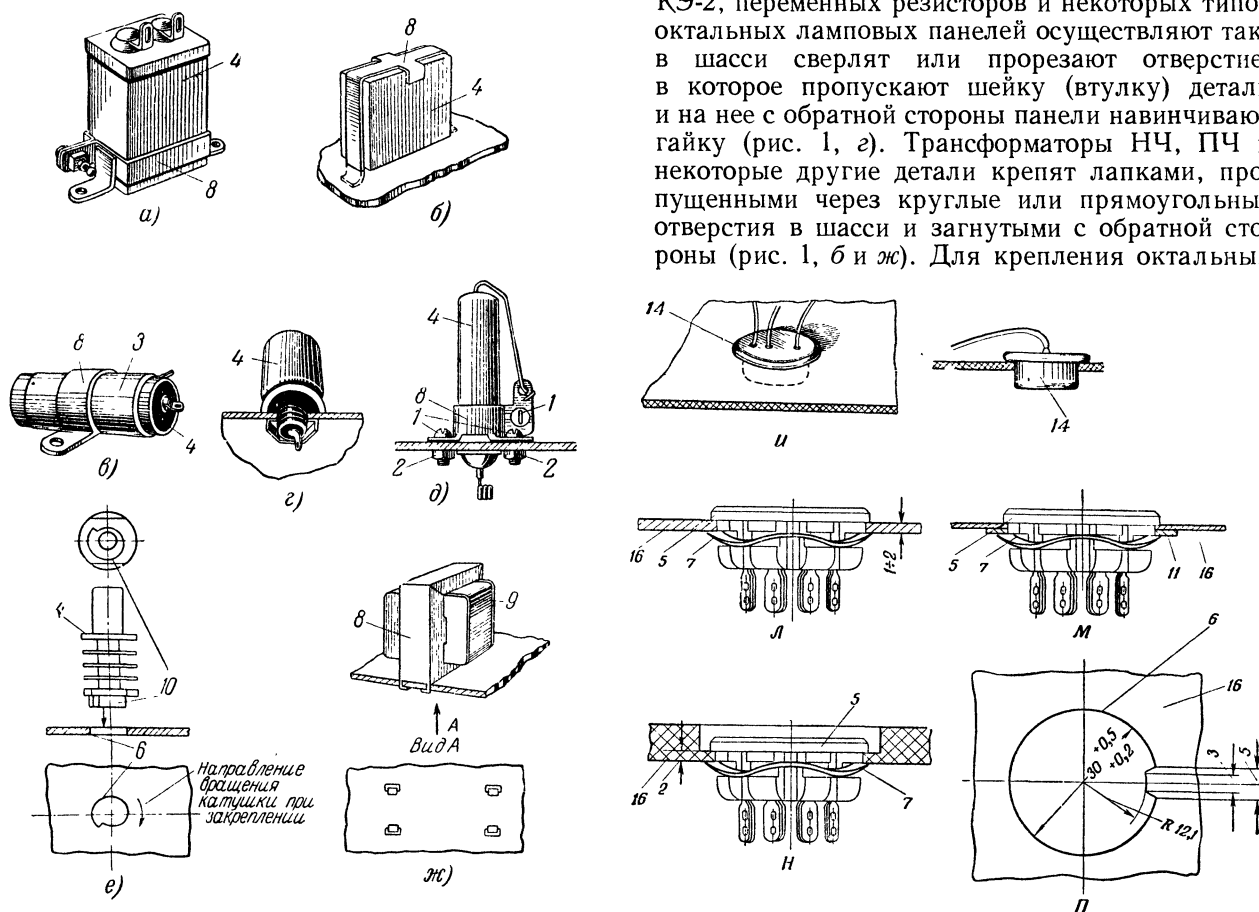


Рис. 1. Примеры крепления деталей на шасси.

а — конденсатор в плоском корпусе хомутом и пистонами (винтами); б — то же скобой с отгибающимися лапками; в — конденсатор КЭ-1 скобой и винтом (или пистоном); г — конденсатора КБГ-М1 или МБГЦ-1 хомутом и винтами; з — фрикционное крепление катушки; ж — дроссели с сердечником из электротехнической стали выходного трансформатора или трансформатора питания скобой с отгибающимися лапками; и — малоомощного транзистора; л — октальной ламповой панели пружинящим кольцом; м — то же на шасси из металла толщиной меньше 1 мм; н — то же на шасси из изоляционного материала толщиной более 2 мм; о — размеры посадочного отверстия в шасси под стандартную октальную ламповую панель; 1 — винт или пистон; 2 — гайка; 3 — изоляционная прокладка; 4 — конденсатор или катушка; 5 — ламповая панель; 6 — отверстие в шасси; 7 — пружинящая шайба; 8 — металлическая скоба; 9 — трансформатор; 10 — фрикционный замок; 11 — металлическая шайба; 12 — изоляционная шайба; 13 — слюдяная прокладка; 14 — малоомощный транзистор; 15 — мощный транзистор; 16 — панель.

ламповых панелей применяют пружинные кольца (рис. 1, л). Если такую панель нужно укрепить к шасси из материала толщиной менее 1 мм, под пружинное кольцо необходимо подложить шайбу (рис. 1, м). Если же панель должна быть укреплена на плате толщиной более 2 мм, отверстие делают с уступом (рис. 1, н).

Для крепления контурных катушек применяют фрикционные замки. Нижнюю часть каркаса катушки, скрепляемую с платой, выполняют в виде спирали Архимеда (рис. 1, е). Отверстие в шасси делают фасонным, такой же формы как и выступ каркаса катушки. Нижнюю часть последнего вставляют в отверстие шасси и поворачивают; тогда каркас катушки заклинивается в отверстии. Этот вид крепления имеет много разновидностей, отличающихся в основном формой нижней части катушки и отверстия в шасси.

Броневые сердечники катушек обычно крепят к шасси клеем БФ.

Маломощные транзисторы закрепляют в отверстиях изоляционной платы при помощи клея БФ, а их выводы припаивают к лепесткам, стойкам или выводам деталей (рис. 1, и). Монтаж маломощных транзисторов на печатной плате показан на рис. 6, стр. 245. Мощные транзисторы (типа П4, П201—П203) при работе нагреваются. Для обеспечения хорошего теплоотвода их монтируют на металлическом шасси так, чтобы их фланец плотно прижимался винтами к шасси. Для электрической изоляции корпуса транзистора от шасси между последним и фланцем транзистора кладут тонкую слюдяную прокладку, а винты изолируют втулками из изоляционного материала.

**Жесткий монтаж** применяют преимущественно в ВЧ каскадах. Он выполняется медным голым луженым или серебряным проводом диаметром 1—1,5 мм. Если провод помят, то его выпрямляют вытягиванием, закрепляя один конец в тисках, а второй зажимая плоскогубцами.

На провод можно надеть кембриковую трубку (не следует заключать его в полихлорвиниловую

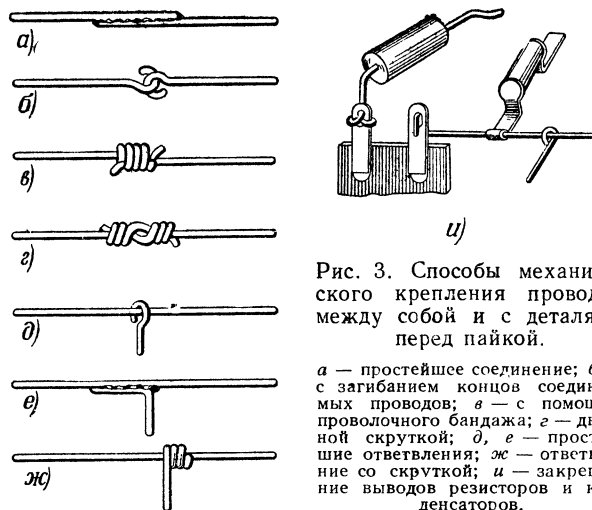


Рис. 3. Способы механического крепления проводов между собой и с деталями перед пайкой.

а — простейшее соединение; б — с загибанием концов соединяемых проводов; в — с помощью проволочного бандажа; г — двойной скруткой; д, е — простейшие ответвления; ж — ответвление со скруткой; и — закрепление выводов резисторов и конденсаторов.

трубку, так как при пайке она плавится и деформируется). Небольшие детали (например, резисторы МЛТ и ВС, конденсаторы КСО, КД и КТ, полупроводниковые диоды Д1, Д2, Д7, ДГ-Ц) крепят непосредственно на лепестках ламповых панелей и на выводах крупных радиодеталей. Если мелкие радиодетали не удастся так укрепить, то для их подвески используют опорные изоляторы — изоляционные стойки с металлическими лепестками (рис. 2, а — г). Когда монтажный провод нужно пропустить сквозь металлическую панель, применяют проходные изоляторы (рис. 2, д и е).

Концы провода при монтаже механически закрепляют в отверстиях выводов радиодеталей, а затем оплавляют свинцовооловянным припоем ПОС-40 или ПОС-60 (рис. 3, и). Сращивание двух кусков монтажного провода делают согласно рис. 3, а — г, а отводы по рис. 3, е и ж. Места соединений тщательно пропаивают. Соединения, показанные на рис. 3, б — д и ж весьма надежны. Если изготавливаемая аппаратура не будет подвергаться тряске, можно применять упрощенные соединения, показанные на рис. 3, а и е.

Не следует располагать близко и вести параллельно провода цепей анода и управляющей сетки электронной лампы. На пересекающиеся неизолированные провода во избежание замыкания между ними надо надевать кембриковые трубки.

Соединение выводов с шасси осуществляется с помощью так называемых заземляющих («земляных») лепестков (рис. 4, а — г). Их крепят к шасси винтами с гайками, заклепками, пистонами (рис. 4, д и е) либо приваривают или припаивают к шасси (рис. 4, ж). Иногда заземляющие лепестки вырезают в материале самого шасси и отгибают (рис. 4, и).

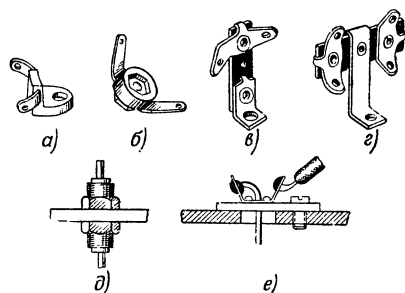


Рис. 2. Изоляторы.

а, б — опорные пластмассовые; в, г — то же из листового гетинакса или текстолита; д — проходной; е — проходной из листового гетинакса.

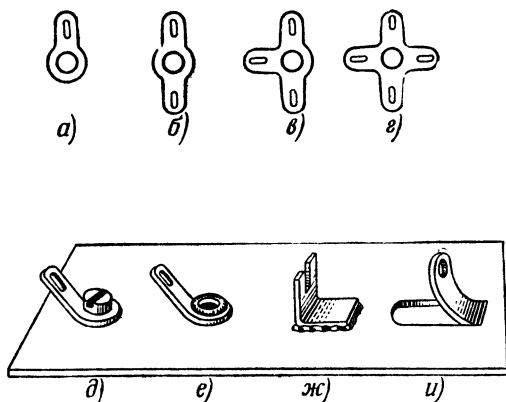


Рис. 4. Заземляющие лепестки.

*a — г —* виды лепестков; *д* — крепление лепестка винтом с гайкой; *е* — то же пистоном; *ж* — лепесток, припаянный или приваренный к шасси; *и* — лепесток вырубленный из материала шасси.

**Мягкий монтаж** применяют при монтаже низкочастотных цепей, цепей питания и выпрямительных устройств. Его выполняют гибким многожильным проводом. При этом мелкие радиодетали, как правило, крепят на расшивочных панелях из изоляционного материала (монтажных планках), имеющих два ряда металлических стоек или лепестков, к которым припаивают проволочные выводы радиодеталей и монтажные провода (рис. 5). На каждой паре лепестков крепят одну деталь, но иногда для уменьшения размеров расшивочной панели на двух парах лепестков крепят три детали. Применение расшивочных панелей повышает прочность крепления деталей и надежность монтажа.

Во избежание повреждения изоляции монтажного провода при проходе его сквозь шасси в отверстие последнего укрепляют резиновый пистон или же надевают на провод изоляционную трубку (рис. 6).

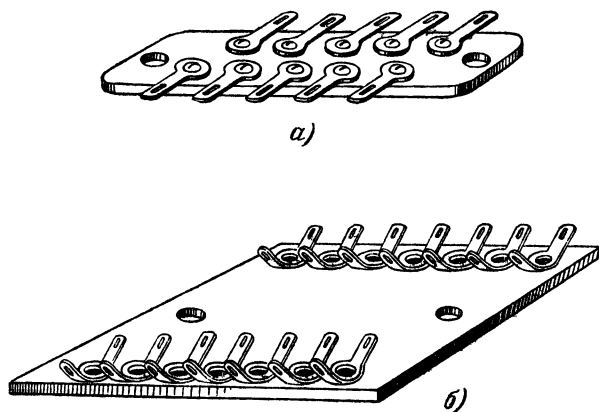


Рис. 5. Расшивочные панели.

*a, б* — панели с лепестками из листовой латуни.

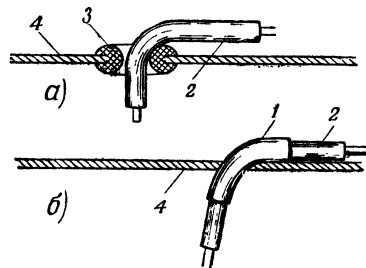


Рис. 6. Проход провода сквозь металлическое шасси.

*a* — через резиновый пистон; *б* — с защитой провода изоляционной трубкой; *1* — изоляционная трубка; *2* — провод; *3* — резиновый пистон; *4* — металлическое шасси (панель).

Цепи накала ламп монтируют свитым в шнур гибким проводом в резиновой или полихлорвиниловой (винилитовой) изоляции. Для уменьшения фона переменного тока среднюю точку обмотки накала трансформатора питания рекомендуется заземлять.

При монтаже выпрямителя и некоторых других устройств (например, коммутационные провода магнитофона) приходится вести на значительное расстояние пучок проводов. В этом случае их связывают в жгут, который укрепляют на шасси металлическими скобками с прокладками из картона или лакоткани (рис. 7).

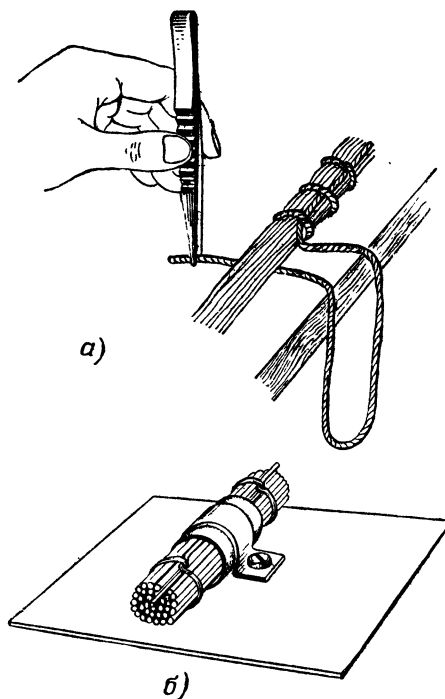


Рис. 7. Монтажный жгут.

*a* — вязка жгута; *б* — крепление жгута шасси скобой.

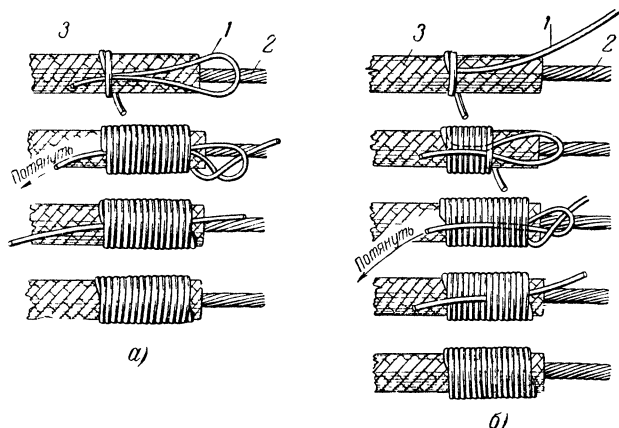


Рис. 8. Последовательные приемы оклетневки конца изолированного провода.

а — первый способ; б — второй способ; 1 — нитка; 2 — металлическая жила; 3 — изоляция.

**Зачистка концов проводов.** С концов проводов, которые нужно припаять к выводам радио-деталей, осторожно, чтобы не повредить жилы провода, снимают изоляцию. Нож при этом применять нежелательно. При некотором навыке можно пользоваться кусачками: изоляцию провода слегка закусывают между их лезвиями и осторожно сдвигают с токоведущей жилы. В крайнем случае изоляцию осторожно снимают ножом, стараясь не надрезать жилу.

Провод большого диаметра в эмаливой изоляции можно зачищать мелкой шкуркой или ножом. Тонкий же провод в такой изоляции надо нагреть в пламени свечи или спички, а затем быстро спустить в спирт. Эмаль при этом разрушится и легко будет очищаться. Таким способом зачищают и лицендрат — высокочастотный (многожильный) провод. Все его жилки должны быть тщательно зачищены и спаяны вместе. Если хоть одна из них не будет соединена с остальными, добротность катушки, намотанной из лицендрата, ухудшится.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Пояснение термина «добротность» см. на стр. 230.

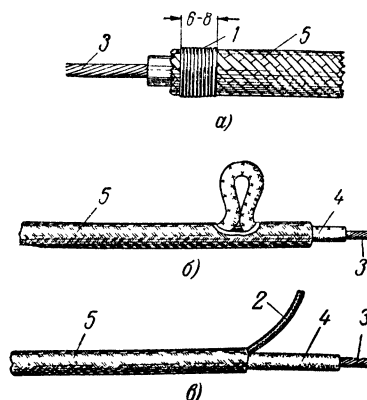


Рис. 9. Заделка концов экранированного провода.

а — наложением проволоочного бандажа; б, в — последовательность операций при необходимости соединить оплетку провода с шасси; 1 — проволоочный бандаж; 2 — вывод от оплетки; 3 — центральная жила; 4 — изоляция; 5 — металлическая оплетка.

**Оклетневка.** Если провод имеет хлопчатобумажную, шелковую или оплетку из стекловолокна, то для того чтобы зачищенные концы ее не растрепались, на нее накладывают ниточную оплетку — оклетневку (рис. 8). На тонком проводе оклетневку сделать трудно, поэтому изоляцию у его зачищенного конца промазывают клеем БФ.

**Заделка концов экранированного провода.** Ножницами или кусачками «распарывают» металлическую оплетку на нужную длину, аккуратно обрезают ее вокруг провода и закрепляют проволоочным бандажом, который пропаивают (рис. 9, а). Если металлическую оплетку нужно соединить с шасси, то на расстоянии 20—30 мм от конца провода пинцетом раздвигают проволоочки оплетки, вытягивают провод (рис. 9, б), образовавшийся отросток оплетки скручивают (рис. 9, в), залуживают и припаивают к заземляющему лепестку шасси.

## ПЕЧАТНЫЙ МОНТАЖ<sup>1</sup>

Большинство промышленных способов изготовления плат с печатным монтажом требует сложного оборудования и дефицитных химикатов. В радиолюбительских условиях доступными являются два способа изготовления таких плат: метод переводной картинки (декалькомания) и травление фольгированного гетинакса.

Сущность первого метода заключается в том, что схема, вырезанная из медной фольги и смон-

тированная на какой-либо подложке (например, бумаге), наклеивается на гетинакс, после чего подложка удаляется. Для изготовления платы таким способом не требуется сложных приспособлений, а также никаких реактивов. Недостатком его является сравнительно большая трудоемкость.

Второй способ состоит в том, что на фольгированный гетинакс наносится кислотоупорной краской рисунок «печатных» проводников, после чего незащищенные краской части фольги вы-

<sup>1</sup> По материалам Г. А. Бортновского.

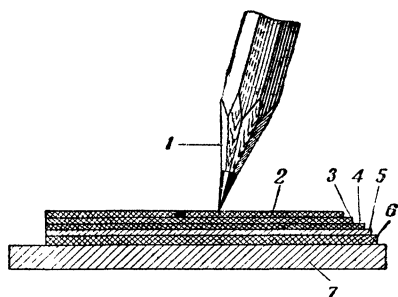


Рис. 1. Первая операция при изготовлении печатной платы методом переводной картинки.

1 — карандаш; 2 — миллиметровка с начерченной печатной схемой; 3 — копировальная бумага; 4 — пергамент или чертежная прозрачная бумага; 5 — медная фольга; 6 — ватман; 7 — металлическая пластина.

травляются. Этот способ менее трудоемок, чем предыдущий, но для него нужен реактив — хлорное железо, которое не всегда можно приобрести.

**Способ переводной картинки.** Для изготовления платы по этому способу требуется: гетинакс толщиной от 1 до 2 мм, медная фольга толщиной 0,05 мм, клей БФ-2, клей конторский универсальный казеиновый или синдетикон, миллиметровка пергамент, копировальная и писчая бумага. Из приспособлений требуются только две металлические пластины, между которыми зажимается плата при наклейке печатной схемы.

Под вычерченную в натуральную величину на миллиметровке печатную схему подкладывают последовательно: копировальную бумагу, пергамент (чертежная прозрачная бумага), фольгу и, наконец, какую-либо подложку, например толстую бумагу или картон (рис. 1). Все листы скрепляют по краям скрепками, после чего полученную пачку кладут на ровный металлический лист или стекло и остро заточенным твердым карандашом тщательно обводят контуры печатной схемы. После снятия скрепок мы получим пергамент, на котором будет виден четкий рисунок печатной схемы; такой же рисунок будет виден и на фольге в виде рельефных линий.

Фольгу перед нанесением на нее рисунка надо обработать с одной стороны наждачной шкуркой, для того чтобы она лучше приклеилась к гетинаксу. Для этого фольгу кладут на стекло и при помощи мелкой шкурки ее глянцевую поверхность делают шероховатой. При копировке фольгу кладут шероховатой стороной вниз.

По контурам печатной схемы ножницами вырезаем из фольги проводники будущей схемы и приклеиваем их глянцевой стороной казеиновым

клеем к пергаменту (рис. 2). Силикатный конторский клей непригоден, он не смачивает металл и не держится на медной фольге. Клей следует накладывать тонким, равномерным слоем и следить за точным совпадением контуров проводников с рисунком на пергаменте. Для точного совмещения печатных проводников с гетинаксовой платой на пергамент наклеивают центрирующую рамку. Наклейку схемы на гетинаксовую плату нужно производить немедленно после того, как проводники схемы смонтированы на пергаменте; если клей высохнет, проводники могут отделиться от пергамента. Плата должна быть обрезана так, чтобы она точно входила внутрь наклеенной на пергамент центрирующей рамки. Мелкой шкуркой надо протереть ту сторону платы, к которой будет приклеена схема.

В случае расположения проводников с двух сторон платы (двусторонний печатный монтаж) такую же рамку с монтажом делают и для другой стороны и наклеивают проводники одновременно с двух сторон платы.

Такой сравнительно сложный технологический процесс необходим, так как прочно приклеить клеем БФ проводники к плате не удастся, клей недостаточно вязок и плохо удерживает проводники на гетинаксовой плате (они отклеиваются и смещаются), в то же время универсальный клей достаточно прочно соединяет проводники с пергаментом. Затруднено нанесение рисунка печатных проводников на гетинаксовую плату. Если его нанести на плату через копировальную бумагу, то плата делается жирной и

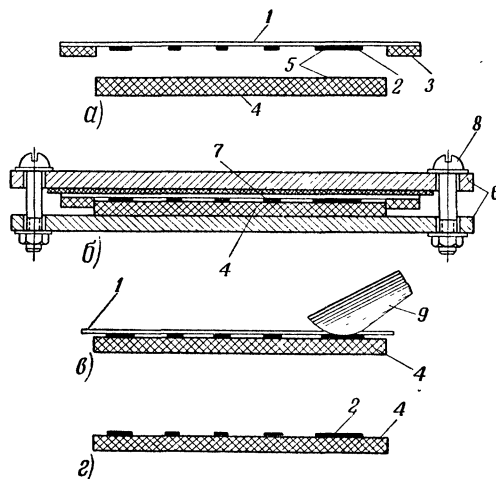


Рис. 2. Наклейка схемы на плату.

а — наклейка схемы; б — полимеризация клея; в — склеивание подложки (пергамент); г — готовая печатная плата; 1 — пергамент; 2 — печатные проводники; 3 — центрирующая рамка; 4 — гетинаксовая плата; 5 — матовые поверхности; 6 — металлические пластины; 7 — ватман; 8 — винт с гайкой; 9 — наждачная шкурка.

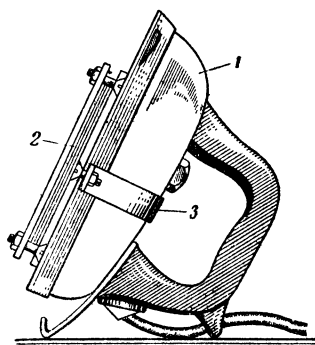


Рис. 3. Нагрев печатной платы с помощью утюга.

1 — утюг; 2 — пакет с печатной платой; 3 — скоба.

к ней проводники плохо приклеятся, а при обезжиривании смывается рисунок. Поэтому и необходим предварительный монтаж схемы на пергаменте.

Вернемся к вопросу приклеивания проводников к гетинаксовой плате. Непосредственно перед склейкой матовые поверхности платы и проводников обезжиривают ацетоном, спиртом, грушевой эссенцией или любым другим растворителем. После этого обе склеиваемые поверхности покрывают тонким слоем клея БФ-2, которому дают подсохнуть в течение 10 мин. После того, как клей подсохнет, на поверхность проводников при помощи кисточки вторично наносят толстый слой клея и на смазанную клеем схему кладут гетинаксовую плату шероховатой стороной вниз. Весь пакет зажимают между двумя металлическими пластинами, которые стягивают винтами и выдерживают в таком виде в течение часа при комнатной температуре. После этого пакет нагревают до 120° С в течение 3 ч. Нагревать можно с помощью утюга, прижав пакет к его подошве (рис. 3). При этом надо следить за нагревом утюга, периодически выключая его, чтобы он не перегрелся. Желательно использовать утюг с терморегулятором.

После остывания пакет разбирают и с платы острым скальпелем или ножом соскабливают

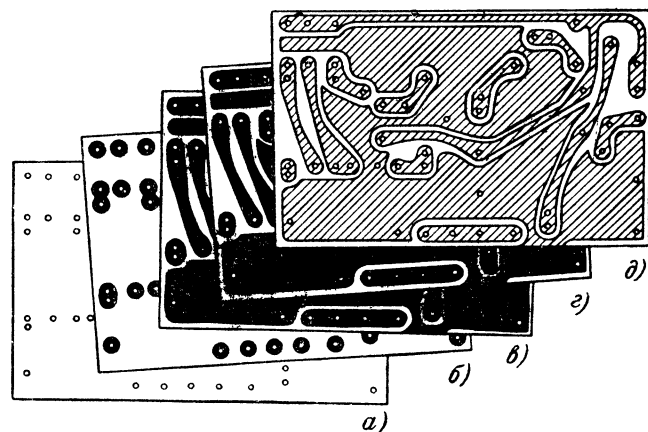


Рис. 4. Изготовление печатной платы методом травления фольгированного гетинакса.

а — кернёный фольгированный гетинакс; б — нанесение точек; в — рисунок печатных проводников; г — отретушированный рисунок; д — вытравленная плата.

приклеенную к плате бумагу — подложку. Для облегчения работы бумагу надо увлажнять. Когда вся бумага будет соскоблена с платы, плату с проводниками шлифуют мелкой шкуркой и промывают растворителем. В плате сверлят отверстия для крепления деталей. Необходимо следить за тем, чтобы отверстия, как правило, проходили через центры уширенных концов проводников.

Сверлить надо остро заточенным сверлом; при тупом сверле гетинакс будет вспучиваться вокруг отверстий, что вызовет отслаивание фольги.

Большие отверстия и отверстия для крепежа сверлят по разметке.

**Способ травления фольгированного гетинакса.** При помощи копировальной бумаги рисунок монтажа переносят на оклеенный фольгой гетинакс со стороны последней. Фольгированный гетинакс используется заводской, марки ГФ-1 или же он может быть изготовлен радиолюбителем.

В местах, где должны быть отверстия, набивают керном углубления (рис. 4, а), после чего миллиметровку и копировальную бумагу удаляют. Места фольги, которые должны оставаться на плате, закрашивают нитролаком, цапонлаком, асфальтобитумным или каким-либо другим лаком. Сначала на все набитые керном углубления ставят лаком точки. Проще всего это делать спичкой, обмакнув ее конец в лак. Нужно следить за тем, чтобы углубление, набитое керном, было в центре точки. Диаметр точки должен быть 2,5—3 мм (рис. 4, б). Когда все точки поставлены, их соединяют лаком между собой согласно схеме. Соединительные линии проводят с помощью колонковых кисточек № 2 или 3; прямые линии можно выполнить рейсфедером (рис. 4, в).

После высыхания лака плату ретушируют, т. е. подправляют рисунок скальпелем, лезвием безопасной бритвы или специальным скребком, используемым при ретуши фотографий (рис. 4, г).

Отретушированную плату подвергают травлению, для чего ее помещают в фарфоровую или пластмассовую фотографическую ванночку с раствором хлорного железа ( $\text{FeCl}_3$ ) плотностью 1,3 (для получения такого раствора в стакан емкостью 200 см<sup>3</sup> кладут 150 г хлорного железа и заливают его до краев водой), ванночку энергично и непрерывно покачивают. Схема полностью вытравляется за 50—60 мин. Если раствор подогреть до 40° С, то плата вытравится за 10—15 мин. С вытравленной платы смывают растворителем лак, хорошо ее промывают несколько раз попеременно холодной и кипящей водой, су-

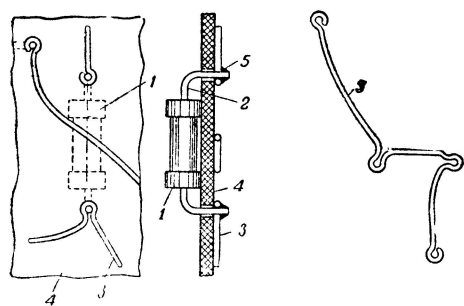


Рис. 5. Проволочные соединения, имитирующие печатный монтаж.

1 — радиодеталь; 2 — ее проволочные выводы; 3 — проводник, имитирующий печатный; 4 — гетинаксовая плата; 5 — пайка.

шат, обрезают по размеру и в местах, набитых керном, сверлят в плате отверстия для выводов радиодеталей (рис. 4, д).

После этого плату полируют мелкой шкуркой, промывают растворителем и покрывают канифольным лаком (15%-ный раствор канифоли в спирте), который предохранит проводники от окисления и облегчит пайку радиодеталей.

Выводы радиодеталей, которые будут укреплены на печатной плате, отгибают в одну сторону (рис. 5 на стр. 245), пропускают через отверстия в плате и припаивают к печатным проводникам (рис. 6 на стр. 245). Детали должны плотно лежать на плате. Их выводы выгибают так, чтобы при нажиме на деталь выводы не могли перемещаться в отверстиях платы (при перемещении выводов), они смогут отрывать печатные проводники от платы.

**Имитация печатного монтажа.** Плата с имитацией печатного монтажа представляет собой гетинаксовую плату, в которой просверлены отверстия для крепления деталей согласно чертежу платы с печатным монтажом. В эти отверстия пропускают выводы деталей и соединяют их между собой отрезками голого медного луженого или серебряного провода, выгнутого по форме проводника печатного монтажа (рис. 5). Эти проводники укладывают вплотную на плоскость гетинаксовой платы и места соединений с выводами деталей пропаивают. После пайки всех выводов плату промывают каким-либо растворителем и покрывают (со стороны проводников) клеем БФ-2, который приклеивает проводники к плате. Покрывать клеем нужно 2—3 раза, каждый раз после высыхания предыдущего слоя. На рис. 6 показана плата, смонтированная таким способом.

**Пайка навесных деталей.** Пайку деталей к печатным платам надо производить с большой осторожностью; при сильном и длительном перегреве печатных проводников они отклеиваются от платы.

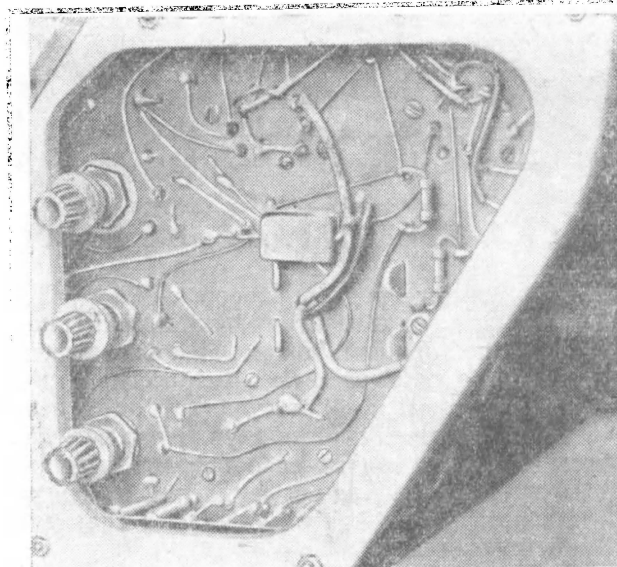


Рис. 6. Плата с имитацией печатного монтажа.

Для пайки следует применять свинцовооловянные припои с низкой температурой плавления; больше всего подходит ПОС-60. Для пайки радиоаппаратуры на транзисторах желательно применять припои с более низкой температурой плавления, например ПОК-56.

Рекомендуется пользоваться трансформаторным паяльником (рис. 11, а на стр. 213). Пользуясь обычным паяльником с жалом диаметром 6—8 мм, можно перегреть при пайке печатные проводники. Для того чтобы избежать этого, на жало паяльника надо навить несколько витков медной 2-мм проволоки (рис. 7), оставив прямой конец длиной 15 мм. Такая насадка обеспечивает получение очень чистых и ровных паек.

При пайке полупроводниковых приборов во избежание их перегрева следует зажимать выводы плоскогубцами, играющими в данном случае роль теплоотвода.

**Изготовление фольгированного гетинакса.** При отсутствии фольгированного гетинакса заводского производства наклейка фольги на гетинакс производится следующим образом. Одну сторону фольги, а также гетинакса делают шероховатой при помощи мелкой шкурки, обезжиривают (промывают спиртом, ацетоном, эфиром и т. п.), смазывают фольгу и гетинакс тонким слоем клея БФ-2 и дают ему подсохнуть 10—15 мин. Вторично смазывают гетинакс толстым слоем клея, прикладывают к нему

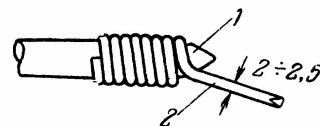


Рис. 7. Проволочная насадка на паяльник.

1 — жало паяльника; 2 — насадка.



фольгу, следя за тем, чтобы между фольгой и гетинаксом не было воздушных пузырьков, и зажимают гетинакс с приклеенной фольгой между двумя металлическими пластинами.

Между фольгой и металлической пластиной надо проложить два-три листа ватмана. В ка-

честве зажима можно использовать струбцинки или винты, для которых по краям пластин сверлят отверстия. Собранный таким образом пакет выдерживают сначала в течение 1 ч при комнатной температуре, а затем в течение 3 ч при температуре 120° С.

## ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ НАВОДОК И ПАРАЗИТНЫХ СВЯЗЕЙ<sup>1</sup>

При монтаже радиоприборов следует различать четыре группы электрических цепей: 1) цепи питания постоянным током; 2) цепи питания переменным током частоты электросети; 3) цепи низкой частоты и 4) высокочастотные цепи.

Действие цепей первых двух групп не может быть нарушено какими-либо наводками со стороны других цепей любых групп, ибо наводимые в них потенциалы ничтожно малы в сравнении с действующими.

Тем не менее произвольное расположение и монтаж этих цепей в радиоаппарате могут привести к неприятным последствиям, так как они могут явиться переносчиками наведенных сигналов (главным образом высокочастотных) из одних цепей в другие.

Кроме того, цепи питания переменным током могут оказывать влияние на близрасположенные провода низкой частоты (особенно сеточные), что проявляется в виде слышимого в громкоговорителе фона переменного тока.

Цепи третьей и четвертой групп при малых величинах действующих в них напряжений и токов могут воспринимать вредные для их нормальной работы паразитные сигналы со стороны других цепей, а при больших величинах напряжений и токов сами могут создавать наводки в других цепях.

При этом может возникнуть непредусмотренная принципиальной схемой положительная или отрицательная обратная связь. Положительная обратная связь возникает, когда налагающиеся друг на друга переменные токи приблизительно совпадают по фазе: она вызывает сначала повышение усиления, а затем — генерацию. Если между налагающимися друг на друга напряжениями сдвиг фаз равен приблизительно 180°, то возникает отрицательная обратная связь и как следствие ее — уменьшение усиления.

Чем больше каскадов усиления после того или иного проводника, несущего токи высокой или низкой частоты, и чем этот проводник длиннее, тем опаснее влияние на него внешних полей. С другой стороны, чем больше каскадов усиления включено до него, тем большее напряжение

получается в нем и тем сильнее его излучение. Поэтому, начиная с определенной длины проводника, в цепях высокой и низкой частот нельзя обойтись без его экранирования.

В каждом каскаде к посторонним полям низкой и высокой частот наиболее чувствительны провода, соединенные с управляющей сеткой и теми из электродов лампы, к которым подводится напряжение низкой или высокой частоты. К этой же группе проводов относятся отводы катушек и трансформаторов, которые ни непосредственно, ни через конденсатор большой емкости не соединены с землей (корпусом) или проводом минуса анодного напряжения.

Все провода, несущие токи низкой и высокой частот, должны быть как можно короче и прокладывать их надо по возможности прямолинейно. При длине провода больше 40—50 мм, и если соседние провода относятся к каскадам с большой разницей уровня сигнала (один-два каскада), необходимо эти провода экранировать.

Характер экранирования определяется частотой проходящего по проводам тока и внутренним сопротивлением его источника (внутренним сопротивлением лампы, сопротивлением колебательного контура и т. п.).

Дело в том, что всякая экранировка увеличивает емкость экранируемых проводов и вносит потери, особенно ощутимые на высоких частотах. Поэтому при экранировании высокочастотных цепей следует применять экранированные провода с минимальной емкостью.

Такие провода имеют металлическую броню относительно большого диаметра (примерно 6—10 мм) и тонкую (0,3—0,1 мм) проволочную жилу (рис. 1, а)<sup>1</sup>. Чем толще проволочная жила, тем больше должен быть диаметр экранирующей оболочки, чтобы получилась та же емкость. Провода с токами низкой частоты менее требовательны к качеству экранирования (рис. 1, б), так как собственная емкость провода начинает сказываться на низких частотах лишь при значительной его длине.

<sup>1</sup> Л а б у т и н В. К., Книга радиомастера, Госэнергоиздат, 1961 (Массовая радиобиблиотека).

<sup>1</sup> Практически используют отрезки коаксиальных кабелей марок РК со сплошной полиэтиленовой изоляцией. (Прим. ред.)

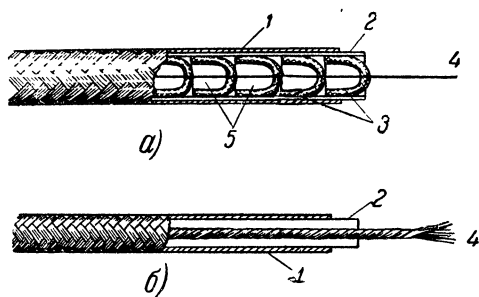


Рис. 1. Экранированные провода.

*а* — высокочастотные; *б* — низкочастотные; 1 — броня; 2 — изоляционная трубка; 3 — изолирующие втулки; 4 — проводник; 5 — воздух.

В усилителях с широкой полосой частот экранирование с большой емкостью искажает частотную характеристику, срезая высшие частоты. Поэтому и здесь приходится применять короткие соединения высокочастотным экранированным проводом.

Все экранирующие оболочки должны быть эффективно заземлены, так как иначе они не достигают своей цели. Места их соединения с корпусом (шасси) радиоприбора должны быть тщательно продуманы или выбраны экспериментально.

Провода питания постоянным и переменным током низкого напряжения (для нитей накала ламп сетевых приемников) можно объединять в жгуты. В эти жгуты можно также вплетать и экранированные провода с токами низкой частоты, но нельзя вплетать провода, входящие в колебательный контур и несущие высокочастотные токи, даже если они экранированы. Провода, находящиеся под сетевыми переменными напряжениями, следует прокладывать на максимальном расстоянии от всех чувствительных к звуковой частоте деталей и вплетать их в жгуты с другими проводами питания не следует.

Источники сильных магнитных полей: катушки, дроссели и трансформаторы, особенно имеющие незамкнутые сердечники или сердечники с воздушным зазором. Эти же элементы одновременно являются наиболее чувствительными к посторонним магнитным полям.

Переносчиком низкочастотного магнитного поля может являться стальное шасси приемника или усилителя.

Наиболее опасны связи между различными катушками и трансформаторами, работающими в одинаковых полосах частот, например между силовым и микрофонным трансформаторами, между катушками первого и последнего контуров усилителя промежуточной частоты. Однако при достаточно сильных полях может оказаться вредным и воздействие, например, трансформа-

тора питания на ферритовый сердечник высокочастотной катушки, причем может появиться модуляция принимаемого сигнала фоном переменного тока.

Средствами предотвращения паразитных связей через магнитные поля являются взаимное удаление катушек и трансформаторов, связь между которыми опасна, правильная взаимная ориентация их осей и экранирование.

При равном расстоянии между двумя катушками связь между ними максимальна, если они расположены соосно, и минимальна, если оси их взаимно перпендикулярны (рис. 2).

Эффективная экранировка магнитных полей достигается применением сплошных экранов без щелей и отверстий. Особенно ухудшают эффективность экранов вырезы, прерывающие линии индуктированных в них токов, т. е. идущие вдоль магнитных линий поля.

Для экранирования высокочастотных магнитных полей применяют материалы с высокой электропроводностью (алюминий, медь), а для экранирования низкочастотных полей — ферромагнитные материалы (мягкую сталь, листовую электротехническую сталь, пермаллой). В наиболее ответственных случаях прибегают к двойной и тройной экранировке (например, при экранировке микрофонных трансформаторов).

Можно экранировать как катушку или трансформатор, создающие сильное поле, так и катушку или трансформатор, которые надо защищать от воздействия этого поля. Наилучшие результаты дает одновременное экранирование излучающего и воспринимающего элементов.

Иной механизм паразитных связей может возникнуть в радиоаппарате из-за прохождения по одним и тем же цепям токов различных каскадов. Такими общими цепями обычно являются

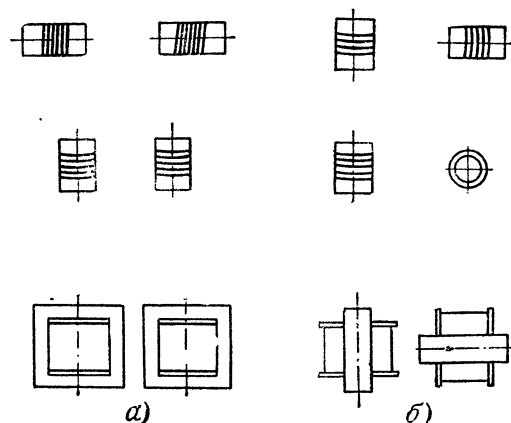


Рис. 2. Взаимное расположение катушек трансформаторов, predisполагающее к возникновению паразитных связей (*а*) и содействующее ослаблению их (*б*).

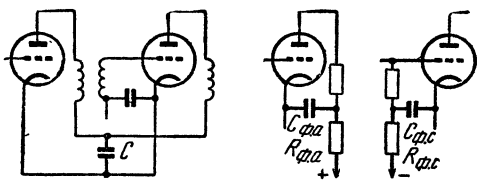


Рис. 3. Устранение паразитной связи через общий источник питания.

$C$ ,  $C_{ф.а}$ ,  $C_{ф.с}$  — конденсаторы развязывающих фильтров;  $R_{ф.а}$ ,  $R_{ф.с}$  — резисторы этих фильтров.

цепи питания и провода заземления (корпус шасси, общий провод). Паразитная связь в этих случаях тем сильнее и опаснее, чем больше полное сопротивление для токов данной частоты общего участка цепи и чем больше разность уровней сигналов в каскадах, токи которых проходят через этот общий участок.

Предотвращение паразитных связей через цепи общего источника питания достигается введением развязывающих фильтров (рис. 3). При этом, однако, не надо забывать о том, что сопротивление переменным токам развязывающего конденсатора и проводов, которыми он соединяется со схемой, не равно нулю и может сохранить паразитную связь, если развязка общая для двух-трех каскадов или если точка заземления конденсатора выбрана неудачно, так что по заземленному проводу проходят токи разных каскадов.

Для эффективной развязки в каскадах усиления низкой частоты обычно достаточно лишь правильно выбрать емкости конденсаторов и сопротивления резисторов. Однако при большом усилении во входных низкочастотных каскадах неудачно выбранные места заземления могут явиться источниками проникновения фона, обусловленного токами, наводимыми в шасси полем трансформатора питания или падениями напряжения в цепях накала ламп. В связи с этим, в частности, питание нитей накала переменным током лучше всего производить с помощью двух самостоятельных проводов, один из которых только в одной точке соединяется с шасси. В высокочастотных же каскадах существенную роль могут играть также тип конденсатора и длина соединительных проводов.

В общем случае конденсатор развязывающего фильтра следует располагать в непосредственной близости к тому каскаду, цепь питания которого он развязывает.

В высокочастотных каскадах заземляющий провод надо рассматривать как часть колебательного контура. Если он явится общим для нескольких контуров, то индуктивность, присутствующая даже прямым проводам, вызовет в нем общее падение напряжения и, следовательно,

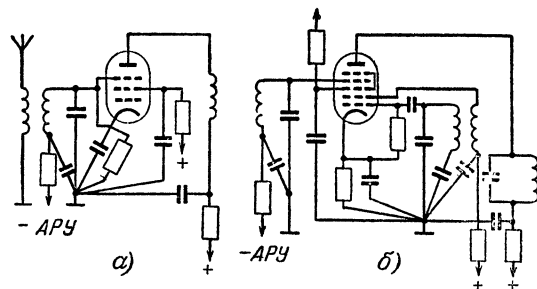


Рис. 4. Соединение проводов, подлежащих заземлению в одной точке.

$a$  — усилитель высокой частоты;  $b$  — преобразователь частоты;  $в$  — усилитель промежуточной частоты;  $г$  — диодный детектор;  $д$  — усилитель низкой частоты.

создаст увеличивающуюся с частотой связь (часто нежелательную), которую с трудом можно обнаружить.

Единственно правильное решение — это все подлежащие заземлению провода, относящиеся к одному контуру и одному каскаду усиления (если даже соединение с шасси производится через конденсаторы), соединить в одну точку у катода соответствующей лампы (рис. 4). Для низкой и высокой частот катод образует нулевую точку каждого усилительного каскада и всегда должен быть соединен с шасси непосредственно или, если это невозможно из-за находящегося в цепи катода резистора, через конденсатор. Исключение составляет только схема с отрицательной обратной связью, напряжение которой выделяется в цепи катода и генераторы с катушкой обратной связи в цепи катода.

Если шасси изготовлено из изоляционного материала, то точки заземления различных каскадов должны быть соединены между собой и с гнездом заземления одним достаточно толстого диаметра (0,5—1,5 мм) проводом, по возможности прямым и коротким.

Соединение с шасси цепей высокочастотных каскадов с контурами, настраиваемыми конденсаторами переменной емкости, лучше всего производить в точке соединения с шасси ротора конденсатора. К этой же точке нужно присоединить возможно более коротким и прямым путем соответствующие концы контурных катушек и входящих в контур постоянных и подстроечных конденсаторов.

# САМОДЕЛЬНЫЕ ДЕТАЛИ ДЛЯ ТРАНЗИСТОРНЫХ ПРИЕМНИКОВ<sup>1</sup>

**Громкоговоритель для транзисторного приемника.** Изготовление конусного диффузора для громкоговорителя — довольно трудоемкий процесс, требующий специальной оснастки и навыка. Диффузор громкоговорителя данной конструкции имеет пирамидальную форму. Его изготовление не представляет особого труда.

Из плотной черной бумаги (для обертывания фотобумаги) вырезают заготовку (рис. 1, а). На заготовке карандашом наносят линии сгибов (штриховые линии). После этого, положив заготовку на нетвердую поверхность, по этим линиям проводят с нажимом нережущей стороной ножа. По выдавленным линиям диффузор аккуратно сгибают, придавая ему форму, показанную на рис. 1, б. Затем места сгибов между пунктирными линиями, проходящими через середину заготовки, проклеивают клеем БФ-2. На этом изготовление диффузора заканчивается.

В качестве электромагнитной системы применен капсюль типа ДЭМШ. К его мембране клеем БФ-2 приклеивают булавку с предварительно запиленной головкой, как показано на рис. 1, в.

Из органического стекла (или подобного материала) толщиной 2 мм выпиливают основание (рис. 1, г), на котором укрепляют сначала кап-

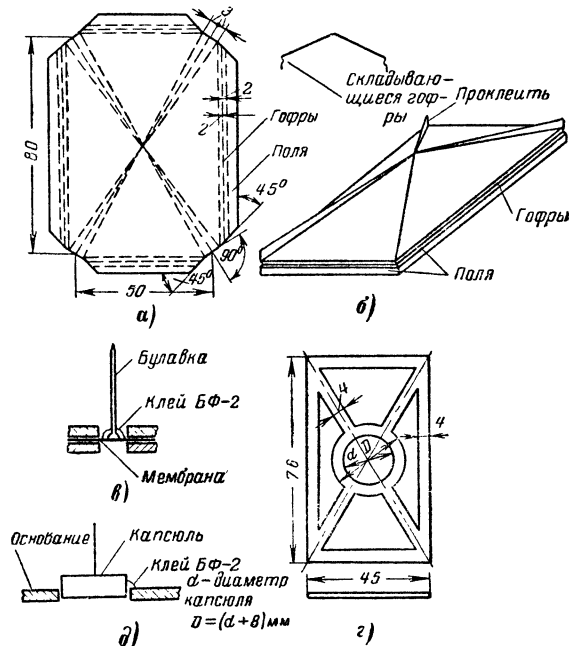


Рис. 1. Детали громкоговорителя с пирамидальным диффузором.

<sup>1</sup> Зотов В. Е., Радиолубительские карманные приемники на транзисторах, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

сую (рис. 1, д), а затем диффузор. Вывод капсюля несколько раз промазывают БФ-2 и приклеивают к основанию.

Затем диффузор скрепляют с булавкой. Выступающую из диффузора часть булавки откусывают кусачками и место соединения с диффузором обильно проклеивают БФ-2.

**Конденсатор с керамическим диэлектриком.** Конденсатор состоит из двух статорных пластин, изготовленных из дисковых конденсаторов КДС емкостью 6 800 пф, и одной роторной пластины (из латуни, медной или дюралюминиевой фольги), передвигающейся между статорными пластинами с помощью ходового винта и гайки.

Пределы изменения емкости такого конденсатора от 8—15 до 600—850 пф. Его собирают на двух пластинах из органического стекла толщиной 2—3 мм (рис. 2). В каждой из пластин фрезеруют круглую лунку диаметром приблизительно 13 мм (под конденсатор КДС) и глубиной около 1 мм. Лунки можно также выдать гретой металлической болванкой подходящего диаметра.

Вывод от одной из обкладок конденсатора отпаивают, а под вывод другой обкладки в лунках высверливают углубления и делают пропилы так, чтобы вывод вложенного в лунку конденсатора не выступал над поверхностью пластины. Обе лунки заливают клеем БФ-6, вкладывают в них конденсатор вниз обкладкой и сушат при комнатной температуре в течение одних-двух суток. После этого обе пластины из органического стекла с выведенными в них конденсаторами КДС шлифуют

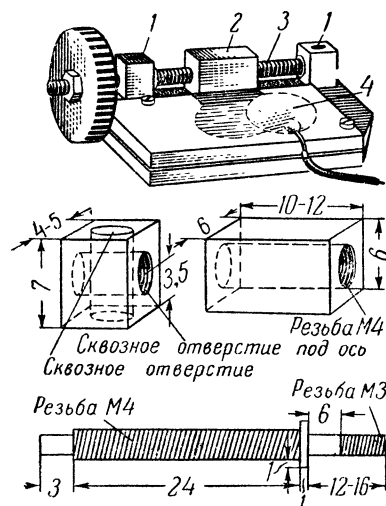


Рис. 2. Детали и сборка конденсатора переменной емкости.

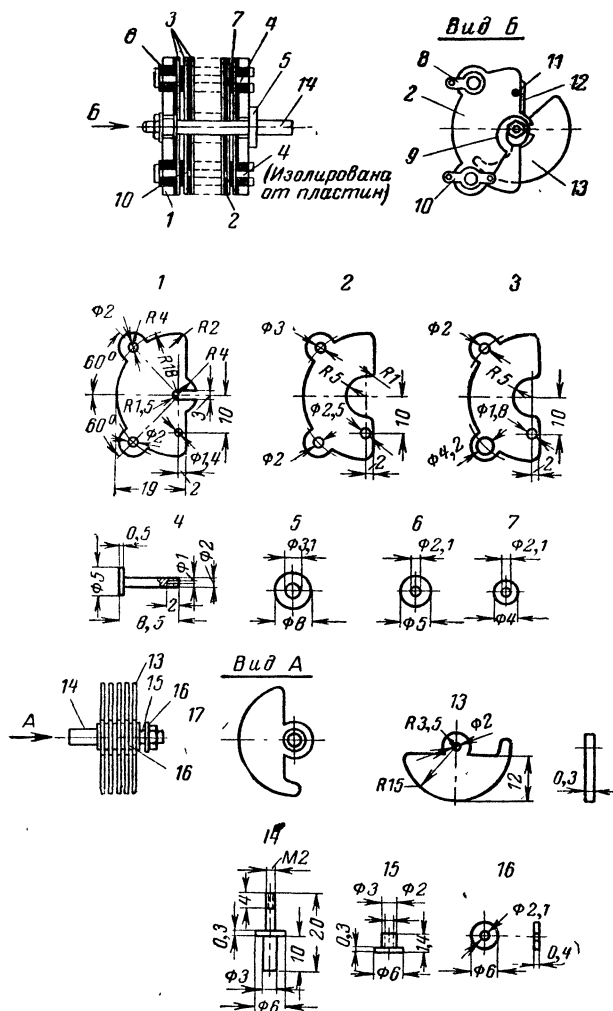


Рис. 3. Детали и сборка конденсатора переменной емкости с пленочным диэлектриком.

1 — щетка из изолятора (2 шт.); 2 — пластина (6 шт.); 3 — прокладка изоляционная (10 шт.); 4 — заклепка (2 шт.); 5 — шайба упорная из гетинакса; 6 — шайба установочная (5 шт.); 7 — шайба установочная (5 шт.); 8 — лепесток одинарный; 9 — пружина контактная; 10 — лепесток двойной; 11 — штифт; 12 — упор; 13 — пластина ротора; 14 — ось ротора; 15 — втулка; 16 — шайба.

наждачной бумаге до тех пор, пока слой серебра, нанесенный на керамику конденсатора, не будет снят и поверхность конденсатора не будет ровень с поверхностью пластины. Затем пластины накладывают одну на другую так, чтобы поверхности конденсаторов плотно прилегали друг к другу. Пластины скрепляют двумя — четырьмя винтами М2 с гайками. Между статорными пластинами на винты надевают по одной шайбе такой же толщины, что и роторная пластина. Выводы статора соединяются параллельно. Для ротора делают гибкий вывод.

Ротор конденсатора состоит из двух металлических стоек 1, латунной или медной гайки 2, ходового винта 3 и роторной пластины 4. Ротор-

ная пластина перемещается вдоль оси винта 3 в зазоре, образованном шайбами, на винтах, скрепляющих статорные пластины. Пластины ротора делают из бронзовой, медной или латунной фольги. Диаметр ее равен диаметру конденсатора КДС (12—13 мм).

Ходовой винт 3 изготовлен из стали с двумя шейками для свободного вращения в стойках.

Стойки 1 могут быть сделаны из любого металла; их горизонтальное отверстие сверлится по диаметру шейки ходового винта, а вертикальное — под резьбу М3 для винта, прикрепляющего стойку к пластине из органического стекла.

Ходовая гайка 2 изготовлена из латуни. К выходящему за стойку концу ходового винта двумя трехмиллиметровыми гайками прикрепляют круглую ручку настройки. Край ручки через прорезь выводят на переднюю панель приемника.

Емкость конденсатора сильно зависит от степени стянутости винтами статорных пластин. Если ротор будет с трудом перемещаться между пластинами, тогда их следует смазать трансформаторным маслом. После этого, увеличив сжатие пластин, можно увеличить максимальную емкость конденсатора.

**Конденсатор с пленочным диэлектриком.** Емкость конденсатора изменяется в пределах 15—550 пф. Конденсатор имеет диаметр около 35 мм (с выдвинутым ротором) и высоту около 7,5 мм (рис. 3).

Детали 1, 2 и 3 статора могут быть выполнены по одному и тому же шаблону, так как конфигурация и размеры их одинаковы, за исключением диаметров отверстий в деталях 2 и 3. В качестве диэлектрика (деталь 3) может быть использована пленка из фторопласта или стиролфлекс (полистирольная) толщиной 0,05—0,1 мм. Благодаря различным диаметрам отверстий пластины собираются так, что одна из заклепок 4 и лепесток 8 имеют контакт со всеми пластинами, а другая заклепка изолирована от них. К изолированному лепестку 10 в дальнейшем припаивают вывод от ротора.

Перед началом сборки статора прокладки 3 приклеивают к пластинам 2 клеем БФ-2, после чего к соответствующим пластинам статора приклеивают гетинаксовые щетки. Затем все пластины статора кладут под пресс и сушат.

После просушки приступают к сборке статора: надевают пластины на заклепки и устанавливают шайбы 6 и 7. Шайбы 7 толщиной 0,5 мм вставляют в отверстия прокладки диаметром 4,2 мм, они практически замыкают пластины между собой. Шайбы 6 толщиной 0,4 мм нанизывают вместе с пластинами на вторую заклепку. Затем заклепки аккуратно расклеивают. Для

того чтобы ротор не вываливался из статора во время вращения оси, гетинаксовую шайбу 5 следует со стороны оси ротора приклеить к щечке 1 клеем БФ-2.

Ротор изготавливается следующим способом. Из гетинакса толщиной 1—2 мм выпиливаются два шаблона для изготовления пластин. Материал для пластин лучше выбрать твердый: бериллиевую бронзу, твердую латунь, ленточную сталь и т. п. Заготовки для пластин необходимо предварительно тщательно отрихтовать, а после опиловки — снять заусенцы и зачистить поверхность пластин.

Посредством гибкого многожильного провода или спиральной пружины 9 изолированный двойной лепесток 10 соединяют с осью ротора 14. Такую пружину можно сделать из провода ПЭЛ 0,5—0,8 мм. Штифт 11 можно выстрогать из деревянной палочки и запрессовать в отверстие диаметром 1,4 мм в щечки 1.

Упор 12 размерами 6×8 мм делают из гетинакса, текстолита или прессшпана толщиной 0,5 мм. Упор приклеивают клеем БФ-2 к торцу статора. Штифт служит для ограничения вращения ротора при максимальной, а упор — при минимальной емкости конденсатора.

## ОСТОРОЖНО, ОПАСНО ДЛЯ ЖИЗНИ!<sup>1</sup>

(кратко о технике безопасности в радиолюбительской работе)

Мать с четырнадцатилетней дочерью отдыхала летом на курорте. Мать уехала в город, захватив ключ от комнаты. Девочке нужно было войти в комнату и она влезла в нее через окно. Девочка была босиком, ноги были влажные. Встав одной ногой на отопительную батарею, она рукой взялась за выключатель электрического освещения, чтоб удобнее спрыгнуть внутрь комнаты. Выключатель оказался неисправным. Девочка была поражена током напряжением 220 в и погибла.

Электрический ток бывает причиной трагических случаев, подобных описанному выше, чаще всего из-за пренебрежения к смертельной опасности, которую таит в себе электрический ток, или из-за незнания правил безопасности.

Среди радиолюбителей бытует мнение, что опасны напряжения выше 220 в, а напряжения 127 и 220 в причинить вреда не могут. Нет ничего вреднее таких утверждений.

Давайте разберемся, насколько велика опасность поражения электричеством и от чего она зависит.

Действие электрического тока на человеческий организм зависит прежде всего от величины тока, его частоты, времени прохождения тока через тело человека, от состояния организма. Вреден ток уже в сотые доли ампера, а ток в одну десятую ампера (100 ма) и более безусловно смертелен для человека. Такой ток вызывает паралич дыхательного центра, поражает сердце, вызывает изменение состава крови. Токи в 50—100 ма также опасны для жизни человека, вызывая потерю сознания. Токи меньше 50 ма менее опасны, но даже и такие слабые токи угрожают здоровью, так как мышцы при прохождении

через них тока 15—20 ма уже теряют способность произвольно сокращаться и человек не может выпустить из рук инструмент или провод, по которому проходит ток.

При каких же условиях через тело человека может пройти опасный для его жизни ток?

Это зависит от двух условий: от напряжения в сети и от сопротивления организма. Сопротивление тела человека колеблется от нескольких сотен до десятков тысяч ом. В нервном состоянии, при усталости или опьянении оно заметно уменьшается. Величину тока, проходящего через тело человека, можно рассчитать по закону Ома. Рассмотрим два случая.

1. Напряжение в сети 500 в, а сопротивление тела человека большое — 20 000 ом. Следовательно, по закону Ома через человека пройдет ток  $\frac{500}{20\,000} = 0,025$  а — опасный, но не смертельный.

2. Напряжение в сети всего 120 в, а сопротивление тела человека понижено до 1 200 ом. В этом случае через него пройдет ток  $\frac{120}{1\,200} = 0,1$  а. Этот ток уже смертелен.

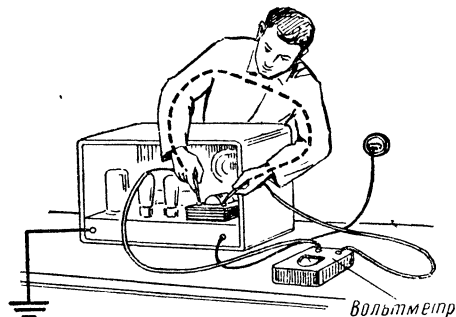


Рис. 1.

<sup>1</sup> По разным источникам.

С понижением сопротивления тела опасность поражения электрическим током увеличивается. Важна электропроводность не только тела человека, но и того, с чем оно соприкасается — одежды, обуви, пола. Все сухое изолирует лучше, а влажное и мокрое — помогает прохождению тока.

Радиолюбителям следует быть особенно осторожными при конструировании и эксплуатации радиоаппаратуры.

Опытный радиолюбитель-коротковолновик В. А. Егоров в своей брошюре «Техника безопасности в радиолюбительской работе», вышедшей в Массовой радиобиблиотеке, приводит несколько примеров из радиолюбительской практики, когда нужно быть особенно осторожным.

«Часто радиолюбитель держит в одной руке электрический паяльник, включенный в сеть, а другой рукой прикасается к заземленному корпусу приемника или передатчика (рис. 2). Допустим, что паяльник неисправен и его обмотка или один из его выводов соприкасается с корпусом. При неосторожном прикосновении к корпусу паяльника ток может пройти через область сердца, что особенно опасно для жизни».

Еще более опасно, когда человек прикасается к находящимся под напряжением проводам двумя руками.

На рис. 1 показан радиолюбитель, который измеряет напряжение на вторичной обмотке повышающего трансформатора питания. Проводники вольтметра имеют плохую изоляцию, в результате чего радиолюбитель прикасается к двум точкам, напряжение между которыми составляет 600—800 в. Это безусловно опасный случай.

#### ПАМЯТКА РАДИОЛЮБИТЕЛЮ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

1. Не проверяйте наличия напряжения пальцами.

2. Конструлируйте аппарат (передатчик, телевизор, выпрямитель) так, чтобы все токонесущие части его были закрыты кожухом, ящиком.

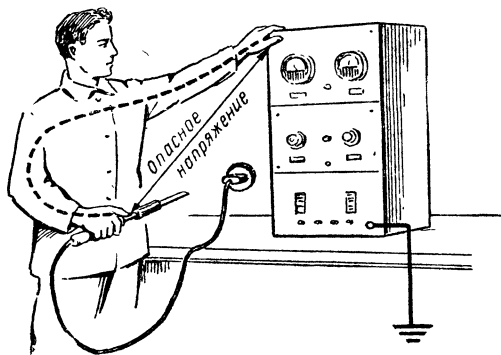


Рис. 2.

Предусмотрите в конструкции блокировку, которая отключала бы прибор от сети, когда он вынимается из ящика.

3. Не полагайтесь на саморазряд конденсаторов сглаживающего фильтра выпрямителя. Перед тем как делать какие-либо пересоединения в схеме, замыкайте накоротко эти конденсаторы разрядником или отверткой с ручкой из хорошего изоляционного материала.

4. Не работайте с аппаратурой, в которой имеются высокие напряжения, при отсутствии кого-либо в комнате, кроме Вас.

5. Налаживание передатчика и телевизора производите только при отключенном высоком напряжении.

6. Не производите «установку нуля» измерительных приборов, включенных в цепи высокого напряжения, при работающей аппаратуре.

7. Не прикасайтесь к рукояткам и шкалам контурных конденсаторов, оси которых находятся под высоким напряжением.

8. Производите настройку передатчика одной рукой, держа другую в это время за спиной.

9. Соблюдайте особенную осторожность при работе с незнакомым оборудованием и трансформаторами с неизвестными данными.

10. Не допускайте к работе с аппаратурой посторонних лиц. Следите за тем, чтобы дети не могли включить ваш аппарат.

11. Изучайте правила подачи первой помощи пострадавшему от электрического тока и твердо знайте правила техники безопасности.

12. Не бравировать своей «стойкостью» к электрическому току. Достоинство конструктора и оператора не в том, что «он не боится тока», а в том, что он ни разу не получил удар током.

#### ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПОСТРАДАВШЕМУ ОТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

Спасение пострадавшего от действия электрического тока зависит главным образом от того, как быстро он будет освобожден от действия тока и насколько оперативно ему окажут первую помощь.

**Освобождение пострадавшего от тока.** Если пострадавший не может из-за сокращения мышц выпустить из рук провода или токонесущего предмета, нужно немедленно выключить установку, или же оторвать пострадавшего от токонесущих частей. В этом случае самому нужно быть осторожным и не прикасаться голыми руками к находящемуся под током человеку.

Чтобы отделить пострадавшего от токонесущих предметов, следует воспользоваться сухой палкой, доской или каким-либо другим изолятором.



Если Вы решили оторвать пострадавшего, взявшись за его одежду или за ноги, то предварительно наденьте резиновые перчатки на руки, или встаньте на какую-либо изолирующую от земли подставку. В крайнем случае перерубите отдельно каждый из проводов топором с сухой деревянной рукояткой или перережьте их каким-либо изолированным инструментом.

**Подача первой помощи.** Если пострадавший был в обмороке и очнулся, или продолжительное время был под током, следует растегнуть его одежду, создать приток свежего воздуха в помещении и обеспечить ему полный покой до прихода врача.

Если врача вызвать не удалось — доставить пострадавшего в лечебное учреждение.

При бессознательном состоянии пострадавшего, но при сохранившемся у него дыхании и пульсе — надо удобно уложить его, растегнуть

одежду и до прихода врача давать больному нюхать нашатырный спирт, обрызгивать водой, протирать тело чистыми суконками.

Если пострадавший дышит нервно, судорожно и редко, как умирающий, или же вообще у него нет признаков жизни (дыхания, сердцебиения, пульса) — нужно делать искусственное дыхание и не прекращать его до прибытия врача. Смерть в таких случаях часто бывает кажущейся и констатировать ее может только врач.

Во всех случаях тяжелого состояния пострадавшего от тока дорога бывает каждая секунда и поэтому первую помощь нужно оказывать тут же, на месте происшествия.

Искусственное дыхание при появлении самостоятельного дыхания у больного следует прекратить. Но если затем дыхание начнет ослабевать или прекратится, искусственное дыхание следует продолжать.

## ЛИТЕРАТУРА

Егоров В. А., Техника безопасности в радиолюбительской работе, Госэнергоиздат, 1951 (Массовая радиобиблиотека).

Брошюра знакомит с правилами технической безопасности при конструировании, монтаже и эксплуатации радиолюбительской радиоаппаратуры.

Бортовой Г. А., Печатные схемы в радиолюбительских конструкциях, Госэнергоиздат, 1959 (Массовая радиобиблиотека).

Брошюра знакомит с методами печатного монтажа отдельных узлов и блоков радиоприемника и другой радиоаппаратуры. В ней даются также советы по практическому изготовлению таких узлов и блоков доступными радиолюбителю способами.

Буклер В. О. и Рабинович Ю. И., Сборка радиоаппаратуры, Госэнергоиздат, 1960.

Материал книги изложен в соответствии с программой курса специальной технологии для радиосборщиков, обучающихся в технических училищах.

В книге даны сведения по сборке радиоаппаратуры, о методах обработки металлов и электроизоляционных материалов, применяемых при изготовлении деталей и сборке узлов и приборов.

Освещены также вопросы отделки и покрытия деталей.

Дороватовский П., Иванов В., Ответы на вопросы радиолюбителей, изд-во ДОСААФ, 1960.

Брошюра представляет собой своеобразный справочник для радиолюбителя-конструктора, в котором в форме вопросов и ответов даются практические советы по всем основным разделам радиолюбительской деятельности. Приводятся рекомендации тех конструкций, с постройки которых целесообразно начать работу начинающему радиолюбителю.

Хара В. В. и Никитин Г. М., Учебно-демонстрационные пособия по радиотехнике, Воениздат, 1960.

Весьма полезная книга для радиолюбителей и самодеятельных радиоклубов, для преподавателей радиотехники и широкого круга радиолюбителей.

В книге описан комплект приборов, пособий и деталей по радиотехнике, предназначенный для проведения занятий, демонстраций и опытов в объеме программ подготовки радиоспециалистов средней квалификации.

В состав комплекта входят: кенотронный и полупроводниковый выпрямители, генератор звуковых частот,

измерительные приборы (авометр, ламповый вольтметр, термоэлектрический милливольтметр), детали (конденсаторы, резисторы, катушки индуктивности, дроссели, ламповые панели, потенциометры, электронные лампы, транзисторы, диоды, бареттеры, стабилитроны, неоновые лампы), генератор дециметровых волн и другие устройства.

Детали, предназначенные для сборки схем, монтируются на отдельных панелях с соединительными гнездами и штырьками для удобства включения и установки в схему.

Конструктивное оформление комплекта в целом и составных его частей позволяют быстро собрать на глазах у обучаемых или с их участием соответствующую схему и продемонстрировать ее особенности.

Первая часть книги посвящена описанию устройства комплекта, а во второй описано около 50 демонстраций и опытов, которые могут быть проведены с помощью комплекта.

Матвеев Г. А. и Хомич В. И., Катушки с ферритовыми сердечниками, изд-во «Энергия», 1962 (Массовая радиобиблиотека).

Излагаются основные свойства магнитных материалов, применяемых для сердечников катушек индуктивности. Даются рекомендации по выбору конструкции сердечников и методика расчета типовых катушек индуктивности.

Яковлев В. В., Детали любительских приемников на транзисторах, Госэнергоиздат, 1962 (Массовая радиобиблиотека).

Рассматриваются различные варианты изготовления самодельных деталей для малогабаритных транзисторных приемников.

Малинин Р. М., Выходные трансформаторы, Госэнергоиздат, 1963 (Массовая радиобиблиотека).

Брошюра содержит справочные сведения по расчету и конструированию выходных трансформаторов для радиоприемников, работающих с электронными лампами.

Радиолюбительские конструкции и указатель, изд-во «Энергия», издание 3-е полностью переработанное. Составители В. А. Бурлянд и В. В. Енютин, Госэнергоиздат, 1963 (Массовая радиобиблиотека).

Справочник и библиографический указатель радиолюбительских конструкций, помещавшихся в книгах, брошюрах и журналах с 1957 по 1961 г. включительно.

Кроме библиографических справок (название книги или журнала, год издания, издательство, страницы начала и конца описания), книга содержит краткие сведения о схеме и основных особенностях каждой конструкции.

Можно сказать, что книга представляет собой подробный каталог радиолюбительской аппаратуры за пять лет. В 1966 г. выйдет новое издание, содержащее справки за 1962—65 гг.

С о б о л е в с к и й А. Г., Материалы в радиоэлектронике, Госэнергоиздат, 1963 (Справочная серия Массовой радиобиблиотеки).

В брошюре содержатся сведения о материалах, с которыми радиолюбитель имеет дело при конструировании радиоаппаратуры: проводниках, диэлектриках, магнитных материалах, а также различных вспомогательных материалах, клеях, дереве, лаках и эмалях.

Б о ж е н о в В. Ф., Устройство для сборки транзисторных приемников, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

Описание самодельного устройства, с помощью которого можно собрать и наладить развернутую схему приемника прямого усиления на транзисторах с тем, чтобы потом можно было без затруднений построить по ней приемник в надлежащем оформлении.

Б о р т н о в с к и й Г. А., Рабочее место радиолюбителя, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

Автор брошюры, лауреат Государственной премии, известный радиолюбитель-конструктор, призер многих Всесоюзных радиовыставок, делится своим опытом.

Приводятся описания и рабочие чертежи двух типов рабочих мест (постоянного и передвижного) радиолюбителя, дающих возможность работать в условиях жилой комнаты. Приведены рекомендации по хранению деталей и инструмента и описание универсального блока питания, дающего плавно регулируемые постоянное и переменное напряжение, позволяющего проверять эмиссию радиоламп.

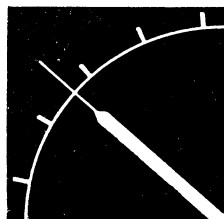
Л а б у т и н В. К., Книга радиомастера, издание 3-е, переработанное и дополненное, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

Учебное и справочное пособие для радиомастеров, в котором читатель найдет наряду с важнейшими сведениями по электрорадиотехнике, радиоприемникам и ремонту радиоаппаратуры такие главы, как: материаловедение, основные виды слесарно-механических работ, монтаж радиоаппаратуры.

К о с т и к о в В., Как построить радиоприемник (Основы конструирования ламповых радиоприемников), изд-во ДОСААФ, 1964.

В книге, написанной для начинающих радиолюбителей, изложены основы самостоятельного конструирования простых сетевых и батарейных ламповых радиоприемников. Транзисторные приемники не рассматриваются.





## РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ



Простой радиоприемник можно наладить и без измерительных приборов, но это трудно и отнимает очень много времени. Хорошо, если приемник после сборки сразу начнет работать. Тогда, последовательно наладивая его блоки, подстраивая контуры и т. д., можно добиться неплохих результатов. Если же приемник молчит или самовозбуждается, то без измерительных приборов обойтись трудно. Поэтому начинающий радиолюбитель должен запастись набором самых необходимых измерительных приборов.

Радиолюбителю при налаживании радиоаппаратуры приходится измерять напряжение, ток, сопротивление. Эти величины можно измерить комбинированным измерительным прибором, называемым ампервольтметром (авометром). Для измерения емкости конденсаторов и индуктивности катушек существуют специальные приборы, но в радиолюбительской практике их можно измерять косвенными методами, при помощи вольтметра и амперметра.

Желательно, чтобы в комплект измерительных радиолюбительских приборов входил гетеродинный индикатор резонанса, представляющий собой высокочастотный генератор с индикатором настройки. С помощью этого прибора можно измерять емкости конденсаторов, индуктивности катушек, настраивать в резонанс контуры, градуи-

ровать шкалы и пр. Для тех же целей служит и высокочастотный сигнал-генератор.

Все названные измерительные приборы очень облегчают работу радиолюбителя, делают ее интересной, а главное — осмысленной.

### ИЗМЕРЕНИЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

Постоянный ток обычно измеряют при помощи амперметров или миллиамперметров (в зависимости от величины измеряемого тока) магнитоэлектрической системы. Эти приборы состоят из постоянного подковообразного магнита, между полюсными башмаками которого в специальных цапфах подвешена вращающаяся рамка с намотанным на ней проводом (рис. 1). Если по проводу рамки пропустить ток, то рамка и связанная с ней стрелка повернутся на некоторый угол, и чем больший ток проходит по проводу рамки, тем на больший угол они повернутся. Таким образом, по углу отклонения стрелки можно судить о величине проходящего через прибор тока. Чтобы та-

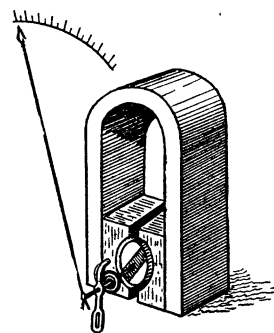


Рис. 1. Измерительный прибор магнитоэлектрической системы.

<sup>1</sup> Книга сельского радиолюбителя, изд. ДОСААФ, 1961, гл. 10.

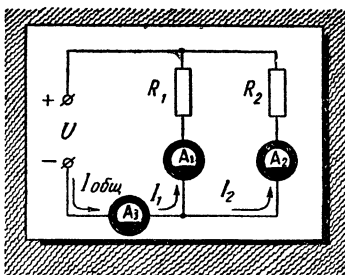


Рис. 2. Схема включения амперметров.

ким прибором измерить ток, проходящий по цепи, прибор надо включить в разрыв этой цепи, т. е. включить в цепь последовательно. Это показано на рис. 2, где прибор  $A_1$  измеряет ток, проходящий по резистору  $R_1$ , прибор  $A_2$  — по резистору  $R_2$ , а прибор  $A_3$  измеряет общий ток, проходящий через резисторы  $R_1$  и  $R_2$ .

Сопротивление провода рамки прибора, будучи включенным последовательно в цепь, увеличивает сопротивление этой цепи. От этого ток в цепи уменьшается и прибор показывает меньшее значение тока, чем до его подключения. Поэтому желательно, чтобы внутреннее сопротивление амперметра было как можно меньше, во всяком случае составляло не более 2—3% от сопротивления цепи.

На практике один и тот же прибор используют для измерения токов в широком диапазоне — от 0,5—1 а до долей миллиампера. Нижний предел определяется чувствительностью прибора: чем чувствительнее прибор, тем меньший ток может быть им измерен. Обычно магнитоэлектрические, применяемые при радиотехнических измерениях, очень чувствительны. Ток, необходимый для полного отклонения стрелки таких приборов, не превышает долей миллиампера.

Чтобы превратить прибор в многопредельный, т. е. чтобы им можно было измерять токи, превышающие ток полного отклонения стрелки, применяют шунтирование: параллельно прибору включают резистор с небольшим сопротивлением (рис. 3). В этом случае через прибор  $A$

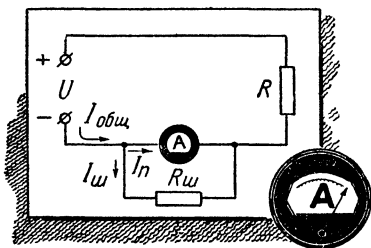


Рис. 3. Схема включения шунта для расширения пределов измерений амперметра.

проходит часть общего тока цепи. Если сопротивление шунта  $R_{ш}$  подобрано так, что через него проходит, например, 0,9 общего тока  $I_{общ}$ , то через прибор пройдет 0,1 общего тока, т. е. показания прибора будут в 10 раз меньше действительной величины тока общей цепи. Таким образом, прибор чувствительностью 1 ма можно измерить ток до 10 ма.

Необходимое сопротивление шунта можно определить по формуле

$$R_{ш} = R_{вн} \frac{I_{п}}{I_{макс} - I_{п}},$$

где  $R_{вн}$  — внутреннее сопротивление прибора, ом;

$I_{п}$  — ток полного отклонения стрелки прибора без шунта, ма;

$I_{макс}$  — наибольший ток, который должен быть измерен, ма.

Для отсчета показаний прибора с шунтами у него имеется либо несколько шкал, соответственно по числу шунтов, либо одна шкала, разделенная на 100 делений. В последнем случае цена деления шкалы определяется положением переключателя шунтов.

Примером таких многопредельных приборов могут служить ампервольтметры АВО-5М, ТТ-1 и ТТ-2.

Чтобы случайно не повредить амперметр вследствие перегрузки, при подключении его к цепи надо сначала переключатель шунтов установить на наибольший измеряемый ток и, если стрелка отклоняется незначительно, только тогда увеличивать чувствительность прибора.

Если амперметр снабжен внешним (выносным) шунтом, то в разрыв цепи надо включать шунт, а прибор подключать к шунту. Если сделать наоборот, то при случайном отключении шунта, например из-за плохого контакта или обрыва соединительного провода, весь ток цепи пойдет через рамку магнитоэлектрического прибора, и прибор будет испорчен.

Постоянное напряжение измеряют при помощи вольтметров. Чаще для измерения напряжения применяют те же высокочувствительные приборы магнитоэлектрической системы, что и для измерения тока. Но для измерения напряжения, действующего на каком-либо участке цепи, прибор надо подключить параллельно этому участку. Это показано на рис. 4, где вольтметр  $V_1$  измеряет напряжение на резисторе  $R_1$ , вольтметр  $V_2$  — на резисторе  $R_2$ , а вольтметр  $V_3$  измеряет общее напряжение на резисторах  $R_1$  и  $R_2$ .

Подключение внутреннего сопротивления вольтметра параллельно участку цепи уменьшает общее сопротивление, по которому проходит ток цепи. Это приводит к увеличению тока и

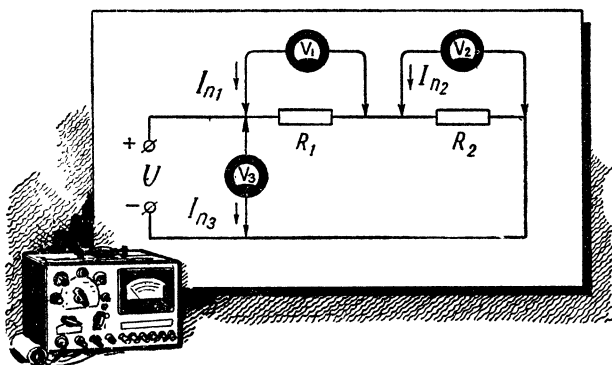


Рис. 4. Схема включения вольтметров.

уменьшению напряжения между точками подключения вольтметра. Поэтому вольтметр покажет меньшее напряжение, чем было на данном участке цепи до его подключения, причем эта разница будет тем большая, чем меньше сопротивление вольтметра.

Внутреннее сопротивление вольтметров принято характеризовать числом ом, приходящихся на 1 в шкалы (ом/в). При радиотехнических измерениях желательно применять вольтметры, у которых это сопротивление не менее 5 000 ом/в.

Вольтметр, так же как и амперметр, можно превратить в многопредельный прибор. Для этого последовательно с ним включают добавочное сопротивление (рис. 5). В этом случае большая часть измеряемого напряжения падает на резисторе  $R_{доб}$ , а меньшая — на приборе. Величину добавочного сопротивления можно подсчитать по формуле

$$R_{доб} = \frac{1000 U_{\max}}{I_{\pi}} = R_{вн},$$

где  $U_{\max}$  — наибольшее напряжение, которое должно быть измерено прибором с добавочным сопротивлением, в;

$I_{\pi}$  — ток полного отклонения стрелки прибора, ма;

$R_{вн}$  — внутреннее сопротивление прибора, ом.

Чем чувствительнее прибор (чем меньше  $I_{\pi}$ ), тем больше сопротивление  $R_{доб}$  и входное сопротивление вольтметра.

Обычно вольтметр имеет несколько добавочных сопротивлений, подключаемых переключателем в зависимости от нужного предела измерения.

Измерять напряжение в радиоаппаратуре можно не только при помощи вольтметров магнитоэлектрической системы. Существуют так называемые ламповые вольтметры (вольтметры электронной системы). Перед магнитоэлектрическими вольтметрами они имеют то преимуще-

ство, что обладают огромным входным сопротивлением, порядка 10 Мом и выше. Поэтому при подключении к цепям они практически не потребляют тока.

Простейший ламповый вольтметр состоит из электронной лампы, в анодную цепь которой включен электроизмерительный прибор. Между катодом и управляющей сеткой лампы прикладывается измеряемое напряжение. Величиной этого напряжения определяется анодный ток лампы, который измеряется прибором. Поэтому по отклонению стрелки прибора можно судить о величине измеряемого напряжения на сетке лампы.

Чтобы измерять таким вольтметром большие напряжения (обычно полное отклонение стрелки прибора происходит при напряжении на сетке лампы 2—3 в), измеряемое напряжение вначале подается на делитель с очень большим общим сопротивлением. Именно это сопротивление делителя и является входным сопротивлением лампового вольтметра.

В измеряемой цепи, кроме постоянного напряжения, может оказаться и переменное. Чтобы оно не влияло на показания вольтметра, между сеткой лампы и делителем включен фильтр из резистора (порядка мегом) и конденсатора (порядка сотых долей микрофарады).

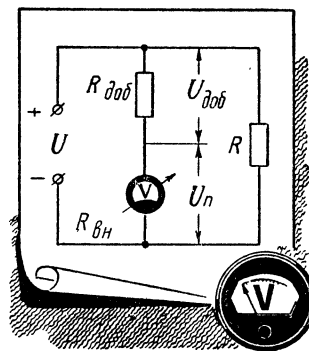


Рис. 5. Схема включения добавочного сопротивления для расширения пределов измерений вольтметра.

## ИЗМЕРЕНИЕ ПЕРЕМЕННЫХ ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ

При измерении переменных токов и напряжений показания приборов будут зависеть не только от их активного сопротивления, как это было при измерении постоянных токов и напряжений, но и от их полного сопротивления, которое изменяется с изменением частоты измеряемого тока или напряжения. Поэтому и показания приборов также будут изменяться с изменением частоты, т. е. возникают так называемые частотные погрешности, причем они будут тем больше, чем больше индуктивности и емкости в схеме измерительного прибора, а также индуктивности и емкости проводов, соединяющих измерительный прибор с измеряемой цепью. Таким образом, градуировка прибора, сделанная для какой-либо частоты, не годится для более низких или более высоких частот.

На практике все же пользуются одной и той же шкалой в большом диапазоне частот, но учитывают, что чем выше частота измеряемого тока или напряжения, тем больше частотные погрешности.

Для измерения токов на радиочастотах в настоящее время пользуются в основном приборами термоэлектрической системы. Устроены они следующим образом. Измеряемый ток проходит по тонкой константановой проволоке и нагревает ее. Выделяющееся тепло нагревает термопару — спай из проволочек различных металлов. Под влиянием тепла в спае появляется электродвижущая сила постоянного тока, величина которой пропорциональна температуре нагрева. Этот ток измеряется чувствительным гальванометром, по отклонению стрелки которого судят о величине измеряемого высокочастотного тока. Следует указать на особенность приборов термоэлектрической системы: они медленно реагируют на изменение силы тока, что объясняется тепловой инерцией термоэлемента.

Для измерения переменного напряжения применяют вольтметры детекторной и электронной систем. Вольтметрами детекторной системы пользуются для измерения на звуковых частотах. Они имеют хорошую чувствительность и большое входное сопротивление — до 20 000 ом/в (АВО-5М). Вольтметр такой системы состоит из выпрямителя, который превращает переменный ток в импульсы тока одного направления, магнитоэлектрического прибора, измеряющего этот выпрямленный (вернее сказать, пульсирующий ток).

Вольтметры электронной системы — ламповые, могут применяться для измерения напряжения до частот в десятки, а иногда и сотни мегагерц. От ламповых вольтметров постоянного тока они отличаются наличием на входе специального выпрямляющего устройства. Это устройство, чаще всего миниатюрный диод, конструктивно выполняется в виде отдельного маленького «пробника», подключаемого непосредственно своими штырьками к измеряемой цепи. С вольтметром он соединяется экранированными проводами.

При измерении переменного напряжения в цепях, где имеется и постоянная составляющая, например в анодных цепях радиоламп, надо применять ламповые вольтметры с закрытым входом, т. е. имеющие на входе конденсатор, включенный между входной клеммой и схемой вольтметра. Если применять для этой цели вольтметры с открытым входом, т. е. не имеющие конденсатора на входе, то такие вольтметры покажут сумму этих напряжений.

Очень важно при измерении переменного напряжения или тока правильно выбрать место включения прибора в схему. Включать прибор желательно так, чтобы потенциал точки подключения прибора был как можно ближе к потенциалу «земли», а еще лучше, если один из щупов прибора будет заземлен (рис. 6).

#### ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ В РАДИОАППАРАТУРЕ

В большинстве случаев в радиоаппаратуре приходится измерять постоянный ток и напряжение, реже — ток и напряжение звуковой частоты и лишь в исключительных случаях — токи и напряжения радиочастоты.

В большинстве цепей радиоаппаратуры наряду с постоянной составляющей тока присутствует и переменная составляющая. При измерении тока или напряжения в такой цепи составляющие должны быть обязательно разделены, т. е. прибор постоянного тока должен включаться так, чтобы через него проходила только постоянная составляющая. Делать это необходимо потому, что из-за паразитных емкостей прибора и соединительных проводов переменная составляющая тока анодной цепи воздействует на сеточную цепь лампы. А это приводит к самовозбуждению каскада и, следовательно, к изменению анодного тока лампы, в том числе и его постоянной составляющей, измеряемой прибором.

Как же надо включать измерительный прибор в цепь, чтобы разделить эти составляющие?

Начнем с измерения постоянной составляющей. На рис. 7, а показано, что через ампер-

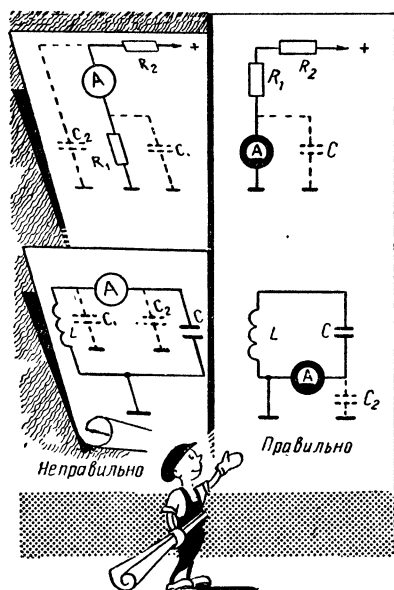


Рис. 6. Включение измерительных приборов.

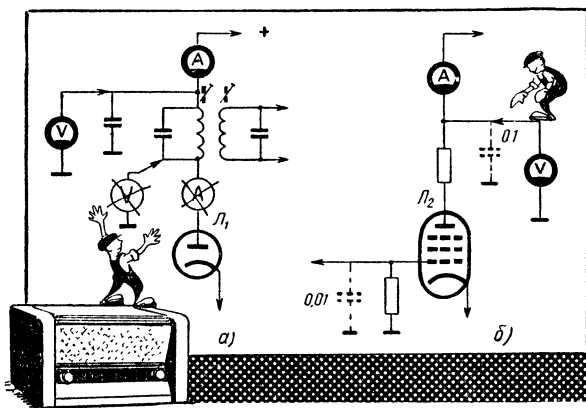


Рис. 7. Включение измерительных приборов в радиотехническую схему.

а — включение измерительных приборов при наличии развязывающего конденсатора; б — то же при отсутствии развязывающего конденсатора.

метр, включенный между анодом лампы и контуром фильтра промежуточной частоты (а также через вольтметр, подключенный к аноду лампы), проходят переменная и постоянная составляющие анодного тока, а через прибор, включенный между развязывающим конденсатором и плюсом анодного напряжения, проходит только постоянная составляющая анодного тока, так как переменная составляющая через развязывающий конденсатор прошла на минус. Таким образом, прибор, предназначенный для измерения постоянной составляющей, должен включаться в цепь после развязывающего конденсатора. Если в схеме нет этого конденсатора (рис. 7, б), то прибор надо шунтировать конденсатором емкостью порядка 0,1 мкф непосредственно на корпус. Но может оказаться, что для предотвращения самовозбуждения этого недостаточно, тогда следует шунтировать на корпус и управляющую сетку лампы конденсатором емкостью порядка 0,01 мкф. Обнаружить самовозбуждение можно по изменению показаний прибора при изменении положения подводящих проводов, поднесении руки к сеточным цепям каскада и т. п.

Наоборот, чтобы измерить напряжение только переменной составляющей, прибор переменного тока надо подключить к цепи через конденсатор, реактивное сопротивление которого на данной частоте много меньше входного сопротивления вольтметра:

$$\frac{10^9}{2\pi fC} \ll R_v,$$

где  $f$  — частота, на которой производится измерение, кГц;

$C$  — емкость конденсатора, нф;

$R_v$  — сопротивление вольтметра, ом.

Внутреннее сопротивление вольтметра должно быть как можно больше, чтобы оно меньше шунтировало измеряемую цепь. При измерениях в цепях радиоаппаратуры это требование особенно важно, так как сопротивления в них велики и шунтирование небольшим сопротивлением вольтметра совершенно исказит работу радиоаппарата. Поэтому, во-первых, надо применять вольтметры с большим числом ом на вольт, не менее 5 000 ом/в, и, во-вторых, правильно выбирать место подключения вольтметра.

Поясним последнее на примере. Надо измерить напряжение смещения на сетке лампы (рис. 8). Если присоединить вольтметр непосредственно между сеткой и катодом лампы, то он шунтирует резисторы  $R_c$  и  $R_{cm}$ . Сопротивление утечки сетки  $R_c$  обычно очень велико, не менее 1 Мом, поэтому внутреннее сопротивление даже чувствительного магнитоэлектрического вольтметра составит в лучшем случае половину общего сопротивления цепи между точками подключения вольтметра. Действительно, если мы возьмем вольтметр магнитоэлектрической системы с внутренним сопротивлением 20 000 ом/в, то на пределе измерения 10 в его сопротивление составит всего 20% сопротивления  $R_c = 1$  Мом. Следовательно, ошибка измерения при таком включении вольтметра будет очень велика.

Но измерять напряжение смещения можно не только непосредственно на сетке лампы, но и на резисторе  $R_{cm}$ , на котором создается это напряжение. Сопротивление резистора  $R_{cm}$  редко составляет более 1 000 ом, поэтому достаточно точно измерить напряжение на нем можно даже низкоомным вольтметром с сопротивлением не более 100 ом/в.

Рассмотрим конкретные примеры измерений напряжений и токов в супергетеродинном приемнике, упрощенная схема которого приведена на рис. 9.

Напряжение смещения на управляющей сетке лампы  $L_1$  измеряют ламповым вольтметром постоянного тока со шкалой 5—10 в ( $V_1$ ). Этим же вольтметром можно измерить и напряжение АРУ на управляющей сетке ( $V_2$ ). Напряжение на аноде лампы  $L_1$  измеряют вольтметром магнитоэлектрической системы с внутренним сопротивлением не менее 1 000 ом/в на шкале 300 в ( $V_3$ ). Измерять на-

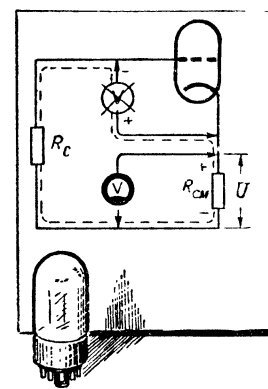


Рис. 8. Включение приборов для измерения напряжения смещения на управляющей сетке лампы.



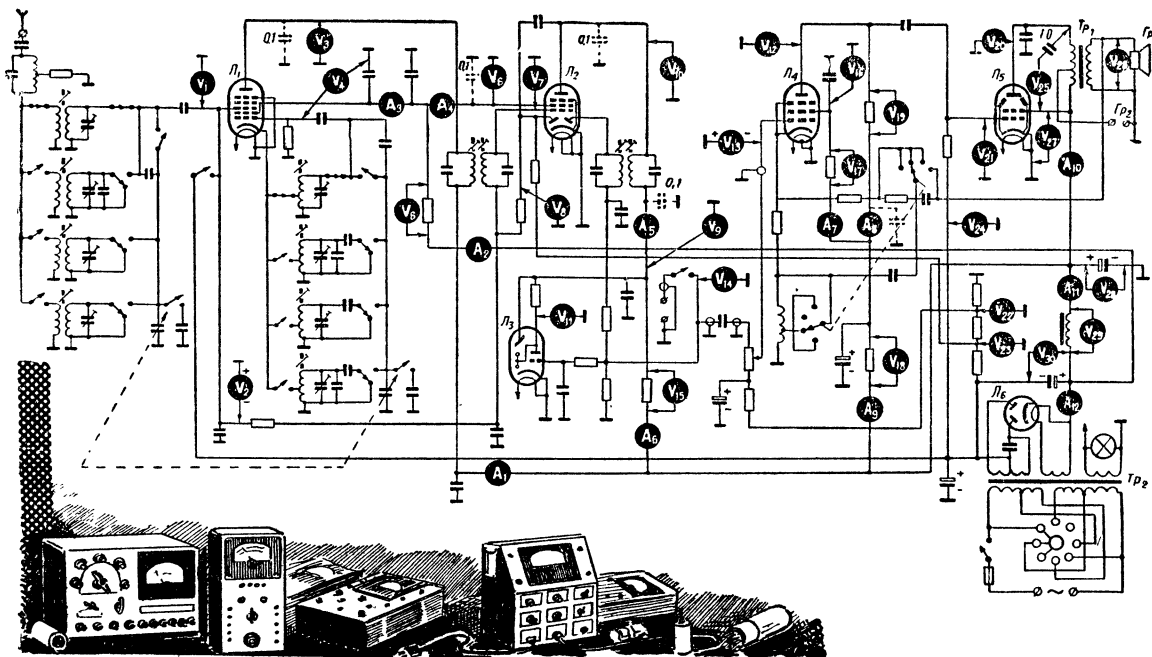


Рис. 9. Примеры измерений напряжений и токов в схеме радиоприемника.

пряжение на управляющей сетке гетеродинной части лампы  $Л_1$  надо ламповым вольтметром переменного тока со шкалой 50 в ( $V_4$ ). Для измерения напряжения на экранирующих сетках ламп  $Л_1$  и  $Л_2$  надо иметь вольтметр постоянного тока с внутренним сопротивлением не менее 1 000—5 000 ом/в и шкалой на 150 в ( $V_5$ ).

Измерять величину падения напряжения на резисторе, включенном в цепь экранирующих сеток ламп  $Л_1$  и  $Л_2$ , можно тем же вольтметром, но со шкалой 300 в ( $V_6$ ).

Напряжение смещения на управляющей сетке лампы  $Л_1$  рекомендуется измерять ламповым вольтметром постоянного тока со шкалой 5—15 в ( $V_7$ ), а напряжение задержки АРУ на диоде лампы  $Л_2$  — ламповым вольтметром постоянного тока со шкалой 3—5 в ( $V_8$ ). Для измерения напряжения на светящемся экране лампы  $Л_3$  нужен вольтметр постоянного тока с внутренним сопротивлением не менее 1 000 ом/в и со шкалой 300 в ( $V_9$ ). Напряжения на аноде ламп  $Л_2$  ( $V_{10}$ ) и  $Л_3$  ( $V_{11}$ ) измеряют тем же вольтметром. Измерять же напряжения на аноде лампы  $Л_4$  можно вольтметром постоянного тока с большим внутренним сопротивлением порядка 15 000—20 000 ом/в ( $V_{12}$ ).

Величину падения напряжения на анодной нагрузке лампы  $Л_2$  измеряют вольтметром постоянного тока с внутренним сопротивлением порядка 1 000 ом/в ( $V_{15}$ ).

Измерять напряжения на управляющей сетке лампы  $Л_4$  ( $V_{13}$ ) следует только ламповым вольт-

метром со шкалой 5—10 в. Но напряжение смещения на управляющей сетке лампы  $Л_4$  можно измерить на соответствующем сопротивлении делителя, с которого снимается напряжение смещения ( $V_{22}$ ) при помощи низкоомного вольтметра постоянного тока со шкалой 3—5 в. Напряжение звуковой частоты на выходе детектора измеряют вольтметром переменного тока, лучше ламповым со шкалой 5—10 в ( $V_{14}$ ).

Величину напряжения задержки АРУ измеряют вольтметром со шкалой 3—5 в и внутренним сопротивлением порядка 100 ом/в ( $V_{23}$ ).

Измерить напряжение на экранирующей сетке лампы  $Л_4$  можно высокоомным вольтметром с внутренним сопротивлением не менее 10 000—15 000 ом/в и со шкалой 150 в ( $V_{16}$ ). Этим же вольтметром определяют и величину падения напряжения на резисторе в цепи экранирующей сетки ( $V_{17}$ ) и в цепи анода ( $V_{19}$ ), а также анода и экранирующей сетки ( $V_{18}$ ). Впрочем, для последнего измерения можно воспользоваться и менее высокоомным вольтметром, с внутренним сопротивлением порядка 1 000 ом/в.

Напряжение на аноде лампы  $Л_5$  измеряют вольтметром постоянного тока с внутренним сопротивлением порядка 1 000 ом/в и со шкалой 300 в ( $V_{20}$ ). Для измерения напряжения на управляющей сетке лампы  $Л_5$  нужен ламповый вольтметр постоянного тока со шкалой 30—50 в ( $V_{21}$ ), но напряжение смещения на этой лампе можно измерить и низкоомным вольтметром с внутренним сопротивлением порядка 100 ом/в

на делителе в минусовой цепи выпрямителя ( $V_{24}$ ).

Измерять напряжение звуковой частоты на первичной обмотке выходного трансформатора можно вольтметром переменного тока со шкалой 50—100 в ( $V_{25}$ ), а напряжения на вторичной обмотке выходного трансформатора — вольтметром переменного тока со шкалой 1,5—3 в ( $V_{26}$ ).

Напряжение на экранирующей сетке лампы  $L_5$  и на выходном конденсаторе фильтра выпрямителя измеряют вольтметром постоянного тока с внутренним сопротивлением порядка 1 000 ом/в и со шкалой 300 в ( $V_{27}$ ,  $V_{28}$ ). Таким же вольтметром измеряют падение напряжения на обмотке дросселя фильтра выпрямителя ( $V_{29}$ ) и напряжение на первом конденсаторе фильтра выпрямителя ( $V_{30}$ ).

Измерять ток в анодной цепи лампы  $L_1$  можно миллиамперметром со шкалой 5—10 ма, включив его после развязывающего конденсатора ( $A_1$ ). Чтобы измерить ток в цепи экранирующих сеток ламп  $L_1$  и  $L_2$ , миллиамперметр со шкалой 10—15 ма надо включить после резисторов в цепи этих сеток ( $A_2$ ), а для измерения тока в цепи экранирующей сетки лампы  $L_1$  ( $A_3$ ) и экранирующей сетки лампы  $L_2$  ( $A_4$ ) надо включить миллиамперметр со шкалой 5 ма между резистором общей цепи и сеткой соответствующей лампы.

Анодный ток лампы  $L_2$  измеряют миллиамперметром со шкалой 10—15 ма ( $A_5$ ), общий анодный ток ламп  $L_2$  и  $L_3$  — миллиамперметром  $A_6$ .

Ток экранирующей сетки лампы  $L_4$  измеряют миллиамперметром со шкалой 1—3 ма ( $A_7$ ), а анодный ток этой лампы — миллиамперметром со шкалой 3—5 ма ( $A_8$ ). Общий ток анодной цепи и цепи экранирующей сетки лампы  $L_4$  измеряют миллиамперметром со шкалой 5—10 ма ( $A_9$ ), лампы  $L_5$  — миллиамперметром со шкалой 50—100 ма ( $A_{10}$ ). Этим же миллиамперметром измеряют суммарный ток анодных цепей ламп  $L_1$ ,  $L_2$  и  $L_3$  и анодный и экранирующий токи ламп  $L_4$  и  $L_5$  ( $A_{11}$ ), а также общий ток, потребляемый анодными и экранирующими цепями ( $A_{12}$ ).

## ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Наиболее удобно измерять сопротивления при помощи специальных приборов: измерительных мостов и омметров. Омметры обычно входят в состав комбинированных измерительных приборов (например, ампервольтметры ТТ-1 АВО-5М) и дают по шкале непосредственный отсчет величины измеряемого сопротивления.

Но сопротивление можно измерить и без специальных измерительных приборов, например методом вольтметра. Для этого надо знать входное сопротивление вольтметра  $R_V$  и иметь бата-

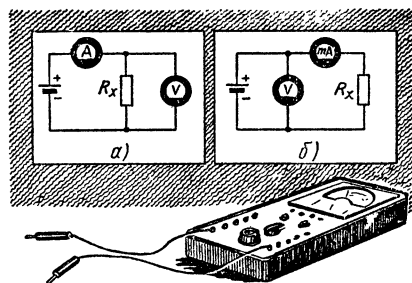


Рис. 10. Схема включения приборов для измерения сопротивления методом вольтметра-амперметра.

*a* — схема для измерения небольших сопротивлений; *b* — схема для измерения больших сопротивлений.

рею с напряжением, чуть меньше максимального напряжения, измеряемого вольтметром. Желательно, чтобы внутреннее сопротивление батареи было как можно меньше.

Измерение производится следующим образом. Определяют при помощи вольтметра напряжение  $U_6$  батареи, а затем разрывают один из проводов, соединяющих вольтметр с батареей, и в разрыв включают измеряемое сопротивление  $R_x$ . Замечают новое показание вольтметра  $U_R$  и определяют значение измеряемого сопротивления по формуле

$$R_x = R_V \frac{U_6 - U_R}{U_R}.$$

Достаточную точность метод вольтметра может обеспечить в том случае, если измеряемое сопротивление не превышает 10—15  $R_V$  и не менее 0,1  $R_V$ .

Если у радиолюбителя, кроме вольтметра, имеется амперметр, то для измерения сопротивления можно применить метод вольтметра-амперметра. Схема включения приборов при этом будет зависеть от предполагаемой величины неизвестного сопротивления.

На рис. 10, *a* показана схема измерения небольших сопротивлений. Общий ток, измеряемый амперметром, складывается из токов, проходящих через измеряемое сопротивление  $R_x$  и входное сопротивление  $R_V$  вольтметра. Поэтому погрешность при измерении будет тем меньше, чем больше входное сопротивление  $R_V$  вольтметра, т. е. чем меньше вольтметр шунтирует измеряемое сопротивление. Процесс измерения очень прост: когда схема составлена, замечают показания вольтметра  $U$  и амперметра  $I$  и определяют измеряемое сопротивление по формуле

$$R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}},$$

где  $I$  — ток, а.

Наоборот, при измерении больших сопротивлений по схеме на рис. 10, б погрешность будет тем больше, чем больше внутреннее сопротивление  $R_a$  миллиамперметра, так как вольтметр измеряет падение напряжения на последовательно соединенных неизвестном сопротивлении  $R_x$  и внутреннем сопротивлении  $R_a$  миллиамперметра. Измеряемое сопротивление вычисляется по формуле

$$R_x = 1000 \frac{U}{I} - R_a,$$

где  $I$  — ток, *ма*.

### ИЗМЕРЕНИЕ ЕМКОСТИ

В радиолюбительской практике емкости обычно измеряют методом вольтметра-амперметра, методом сравнения и резонансным методом. Вне зависимости от применяемого метода измерения конденсатор вначале надо проверить на отсутствие пробоя (короткого замыкания) и величину утечки. Проверить конденсатор на отсутствие короткого замыкания можно при помощи пробника с батареей.

Если конденсатор исправен, то стрелка пробника не будет отклоняться. Правда, если емкость конденсатора велика, то стрелка несколько отклонится, но тут же вернется в прежнее положение.

Проверить конденсатор на величину утечки можно при помощи омметра. Обычно такая проверка необходима для электролитических конденсаторов.

Сопротивление исправного электролитического конденсатора должно быть не менее 0,1 *Мом*, причем следует иметь в виду, что подключать к нему омметр надо с соблюдением его полярности.

Если у радиолюбителя нет омметра, то проверить конденсатор на величину утечки можно при помощи телефонов и батареи. Телефоны на мгновение подключают через батарею к испытуемому конденсатору. Затем через 1—2 сек вновь подключают и т. д. При исправном конденсаторе щелчок в телефонах будет слышен

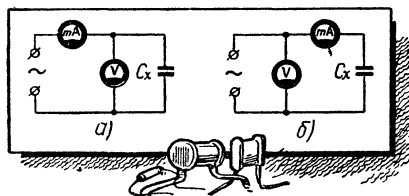


Рис. 11. Схемы включения приборов для измерения емкости методом вольтметра — амперметра.

а — схема для измерения больших емкостей;  
 б — схема для измерения малых емкостей.

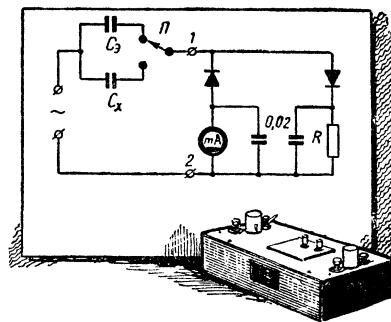


Рис. 12. Схема для измерения емкости методом сравнения.

только при первом подключении, так как конденсатор тут же зарядится и повторные подключения уже не будут вызывать щелчков.

Схемы измерения емкости методом вольтметра-амперметра приведены на рис. 11. Этот метод основан на том явлении, что включенный в цепь переменного тока конденсатор оказывает сопротивление проходящему через него току. Поэтому измерение емкости совершенно аналогично измерению сопротивления методом вольтметра-амперметра, причем емкость подсчитывается по формуле

$$C = \frac{159 I}{f U},$$

где  $C$  — емкость, *мкф*;  
 $I$  — ток, *ма*;  
 $U$  — напряжение, *в*;  
 $f$  — частота, *гц*.

Схема на рис. 11, а используется для измерения больших емкостей, так как погрешность при измерении по этой схеме будет тем меньше, чем меньше сопротивление конденсатора  $C_x$  по сравнению с входным сопротивлением вольтметра. Сопротивление же конденсатора будет тем меньше, чем больше его емкость. При измерении конденсаторов малой емкости применяют схему, показанную на рис. 11, б.

Лучше всего применять миллиамперметр термозлектрической системы и ламповый вольтметр.

Емкость методом сравнения измеряют по схеме, приведенной на рис. 12. Сущность этого метода заключается в подборе емкости эталонного конденсатора  $C_3$  до тех пор, пока показания миллиамперметра *mA* не сделаются одинаковыми при обоих положениях переключателя  $\Pi$ . Это означает, что измеряемая емкость  $C_x$  равна эталонной емкости  $C_3$ .

В качестве эталонной емкости  $C_3$  используют магазин емкостей. Если таковой отсутствует, а у радиолюбителя имеется лишь несколько конденсаторов точно известной емкости, то поступают следующим образом. К зажимам 1—2

вместо правой части на схеме присоединяют миллиамперметр термоэлектрической системы или ламповый вольтметр, шунтированный сопротивлением, величина которого в 15—20 раз меньше реактивного сопротивления конденсатора  $C_x$ . Из имеющегося запаса эталонных емкостей  $C_3$  выбирают наиболее близкую к предполагаемой величине емкости  $C_x$ . Затем замечают показания миллиамперметра или вольтметра при различных положениях переключателя  $\Pi$  и определяют емкость  $C_x$  по формуле

$$C_x = \frac{I_x}{I_3} C_3 = \frac{U_x}{U_3} C_3.$$

Переходим к резонансному методу измерения. Этим методом измеряют конденсаторы небольшой емкости, не более 0,01 мкф. Схема измерения приведена на рис. 13, а. В качестве высокочастотного сигнал-генератора можно использовать любой источник высокой частоты, вплоть до зумерного генератора. Индикатором может служить миллиамперметр термоэлектрической системы или ламповый вольтметр. Если же высокочастотные колебания сигнал-генератора модулированы, то в качестве индикатора можно использовать детектор с телефонами.

Процесс измерения состоит в следующем. Вначале измеряемый конденсатор  $C_x$  подключают к катушке индуктивности  $L_0$  и настраивают частоту сигнал-генератора в резонанс с контуром  $L_0 C_x$  по максимальному показанию индикатора. Затем конденсатор  $C_x$  отключают и вместо него к катушке  $L_0$  подключают градуированный конденсатор переменной емкости  $C_3$ . Изменяя емкость этого конденсатора, настраивают контур  $L_0 C_3$  в резонанс с частотой сигнал-генератора. В момент резонанса  $C_3$  равно  $C_x$ , т. е. емкость  $C_x$  может быть прочитана по градуированной шкале конденсатора  $C_3$ .

Пределы измерения емкости  $C_x$  по схеме на рис. 13, а определяются пределами измерения емкости  $C_3$ . Чтобы расширить пределы измерения, применяют схемы, приведенные на рис. 13, б

и в (на схемах дан только измерительный контур).

На схеме рис. 13, б показано измерение емкостей  $C_x$ , больших максимальной емкости конденсатора  $C_3$ . Вначале зажимы 1—2 замыкают накоротко, а конденсатор  $C_3$  устанавливают в среднее положение ( $C_{31}$ ). Затем частоту сигнал-генератора настраивают в резонанс с контуром  $L_0 C_3$ . После этого с зажимов 1—2 снимают перемычку и к ним подключают измеряемый конденсатор  $C_x$ . Будучи включенным последовательно с конденсатором  $C_3$ , конденсатор  $C_x$  уменьшает общую емкость контура  $L_0 C_3 C_x$ , в результате чего нарушается резонанс этого контура с частотой сигнал-генератора. Чтобы восстановить резонанс, надо увеличить емкость конденсатора  $C_3$ . Когда резонанс будет восстановлен, замечают новое положение стрелки на шкале конденсатора  $C_3$  ( $C_{32}$ ) и определяют емкость конденсатора  $C_x$  по формуле

$$C_x = \frac{C_{31} C_{32}}{C_{32} - C_{31}}.$$

Измерение конденсаторов, емкость которых меньше минимальной емкости конденсатора  $C_3$ , производят по схеме, показанной на рис. 13, в. Сначала конденсатор  $C_3$  устанавливают в среднее положение ( $C_{31}$ ) и настраивают частоту сигнал-генератора в резонанс с контуром  $L_0 C_3$ . Когда это достигнуто, подсоединяют к зажимам 1—2 измеряемый конденсатор  $C_x$ . В результате общая емкость контура  $L_0 C_3 C_x$  увеличивается, и контур выйдет из резонанса с частотой сигнал-генератора. Чтобы восстановить резонанс, надо уменьшить емкость конденсатора  $C_3$  до нового значения  $C_{32}$ . При этом емкость конденсатора  $C_x$  составит

$$C_x = C_{31} - C_{32}.$$

Точность измерения емкости резонансным методом определяется точностью фиксации момента резонанса, т. е. определения значений емкости  $C_{31}$  и  $C_{32}$ . Для получения острой настройки связь между измерительным контуром и сигнал-генератором должна быть возможно меньшей. Кроме того, не рекомендуется включать индикатор резонанса непосредственно в измерительный контур, как это показано на рис. 13, а пунктиром.

## ИЗМЕРЕНИЕ ИНДУКТИВНОСТИ

В радиолюбительской практике наиболее часто индуктивность измеряют методом вольтметра-амперметра и резонансным методом.

При измерении индуктивности особую роль играет частота, на которой производится измерение. Дело в том, что катушка индуктивности

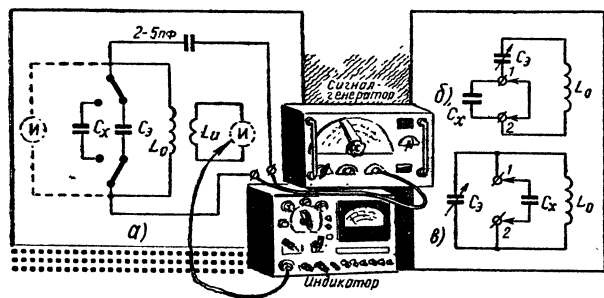


Рис. 13. Схема для измерения емкости резонансным методом.

а — схема включения измерительных приборов; б —  $C_x > C_3$ ; в —  $C_x < C_3$ .

всегда обладает собственной емкостью и активным сопротивлением. Поэтому при измерении ее индуктивности фактически измеряют ее действующее значение, зависящее от значений емкости и активного сопротивления обмотки катушки. Но емкость и активное сопротивление катушки зависят от частоты. Поэтому, если частота, на которой работает катушка в радиоаппарате, значительно выше частоты, на которой производилось измерение, то в результате увеличения влияния емкости, поверхностного эффекта, увеличения потерь в материале катушки и т. п. действующее значение индуктивности значительно изменится по сравнению с измеренным.

Перед измерением надо проверить, нет ли в катушке индуктивности короткозамкнутых витков. Для высокочастотных катушек это можно сделать при помощи радиоприемника следующим образом. Радиоприемник настраивают на какую-либо станцию и к его контуру подносят испытываемую катушку индуктивности. Если в катушке есть короткозамкнутые витки, то произойдет резкое уменьшение громкости приема радиостанции. Однако следует иметь в виду, что такое уменьшение громкости может произойти и при исправной катушке, если частота радиостанции близка к ее собственной частоте. Поэтому при обнаружении резкого уменьшения громкости надо повторить испытание, но на другой частоте.

Катушки индуктивности с стальным сердечником (трансформаторы и дроссели) проверяют по схеме, показанной на рис. 14. Последовательно с первичной обмоткой трансформатора включают резистор  $R$  с сопротивлением порядка 5 ком (для низкочастотных трансформаторов) или лампу накаливания (для силовых трансформаторов). На обмотку подают переменное напряжение (для низкочастотных трансформаторов с частотой 400—500 гц), равное удвоенному номинальному напряжению. Если в обмотках трансформатора нет короткозамкнутых витков, то напряжение, измеряемое ламповым вольтметром

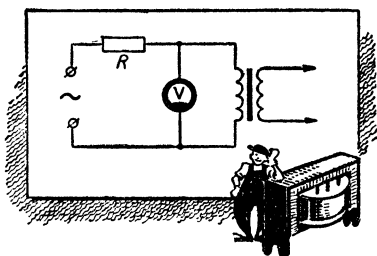


Рис. 14. Схема для проверки катушек индуктивности со стальным сердечником на отсутствие короткозамкнутых витков в обмотке.

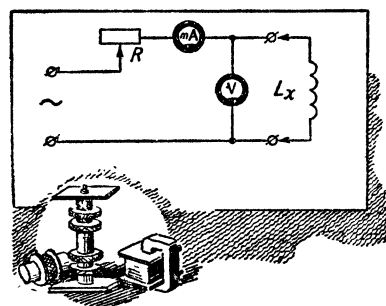


Рис. 15. Схема для измерения индуктивности методом вольтметра — амперметра.

$V$ , будет мало отличаться от приложенного напряжения. При короткозамкнутых витках измеряемое напряжение вследствие увеличения индуктивного сопротивления обмотки окажется значительно меньше приложенного.

При измерении индуктивности методом вольтметра-амперметра по существу измеряют индуктивное сопротивление катушки на данной частоте. Поэтому методом вольтметра-амперметра можно измерять только большие индуктивности, так как при измерении малых индуктивностей через катушку пришлось бы пропускать значительный ток. Обычно этим методом измеряют индуктивности обмоток низкочастотных дросселей, трансформаторов и т. п. на частоте 50 гц (в качестве источника используется осветительная сеть), 400 или 1 000 гц (в качестве источника используется звуковой генератор).

Схема измерения показана на рис. 15. В качестве миллиамперметра используется термоэлектрический прибор, а вольтметр лучше всего применить ламповый. Индуктивность катушки

$$L_x = \frac{U}{6,28 f I},$$

где  $L_x$  — индуктивность, гн;

$f$  — частота, гц;

$U$  — показания вольтметра, в;

$I$  — показания амперметра, а.

Резонансный метод измерения индуктивности по существу ничем не отличается от измерения этим методом емкости. Схема измерения приведена на рис. 16. Достоинство этого метода заключается в том, что измерение производится на частоте, на которой катушка работает в радиоаппарате. Искомую индуктивность находят по формуле

$$L_x = \frac{25\,300}{f^2 C},$$

где  $L_x$  — индуктивность, мкгн;

$f$  — частота сигнал-генератора, Мгц;

$C$  — суммарная емкость конденсаторов  $C_3$  и  $C_d$ , пф.

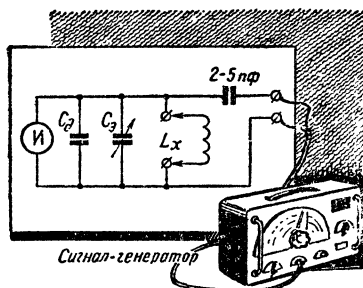


Рис. 16. Схема для измерения индуктивности резонансным методом.

Конденсатор  $C_d$  включается в измерительный контур из следующих соображений. Обычно применяемые для этой цели конденсаторы переменной емкости имеют начальную емкость порядка 10—20 нФ. Однако при такой малой начальной емкости конденсатора  $C_s$  она может оказаться сравнимой с собственной емкостью катушки. Это приведет к большим погрешностям измерения. Поэтому в измерительный контур включают дополнительный конденсатор  $C_d$ , увеличивающий начальную емкость контура.

#### ГЕТЕРОДИННЫЙ ИНДИКАТОР РЕЗОНАНСА (ГИР)<sup>1</sup>

Гетеродинный индикатор резонанса (ГИР) — очень несложный универсальный прибор, позволяющий быстро и эффективно производить налаживание различной радиолубительской аппаратуры. Он должен занять в радиолубительской лаборатории такое же место, как и авометр. С помощью ГИР можно производить налаживание приемников, передатчиков, телевизоров, определять собственные резонансные частоты различных колебательных контуров, производить измерения величин  $L$  и  $C$ , определять полосу пропускания фильтров нижних частот, производить настройку антенн и т. д.

ГИР с каждым годом получает все большее и большее распространение. Радиолубитель, хорошо освоивший работу с ГИР и изучивший его большие возможности, в дальнейшем просто не представляет себе, как он мог раньше обходиться без него.

На рис. 1 приведена схема простого ГИР с питанием от батарей на лампе 2П1П (в триодном включении). Как генератор такой ГИР устойчиво работает на частотах до 60—70 МГц при напряжении накала 1,2 в (для параллельного соединения обеих нитей) и при анодном напряжении 40—60 в.

Генератор собран по обычной трехточечной схеме с емкостной обратной связью. Контур генератора составлен из катушки  $L_k$  и конденсатора переменной емкости  $C_1$ . Чтобы перекрыть достаточно широкий диапазон частот, генератор снабжается несколькими сменными катушками индуктивности. Шкала конденсатора переменной емкости  $C_1$  градуируется непосредственно в значениях частоты или имеет обычный лимб с безразмерными делениями. В этом случае для каждого из диапазонов (т. е. каждой катушки) строится график измерения частоты генератора в зависимости от угла поворота оси конденсатора переменной емкости.

Принцип работы ГИР основан на регистрации изменения сеточного тока лампы генератора в момент его настройки на общую резонансную частоту с другим каким-нибудь контуром, если он связан с катушкой генератора. Это явление обусловлено изменением величины обратной связи генератора при настройке в резонанс с генерируемыми колебаниями внешнего контура (связанного с катушкой генератора) за счет происходящей при этом потери энергии генератора. Спад сеточного тока регистрируется с помощью чувствительного индикатора-микроамперметра, включенного в сеточную цепь лампы  $L_1$ . Чем выше будет добротность ( $Q$ ) исследуемого контура и величина связи с ним, тем больше будет вносимое им затухание в контуре генератора и, следовательно, падение тока в цепи управляющей сетки лампы генератора.

Если снять напряжение с анода лампы  $L_1$ , то ГИР может работать как резонансный волномер-индикатор. Высокочастотное напряжение, наводимое на контуре  $L_k C_1$  каким-либо источником ВЧ колебаний, выпрямляется лампой  $L_1$ , работающей как диодный детектор, и через микроамперметр будет проходить постоянная составляющая продетектированного сигнала. Очевидно, что показания микроамперметра будут наибольшими в момент резонансной настройки контура  $L_k C_1$  с частотой колебаний исследуемого источника. В ряде схем ГИР предусмотрены специальные устройства для модуляции высокочастотного сигнала. В простейшем случае это

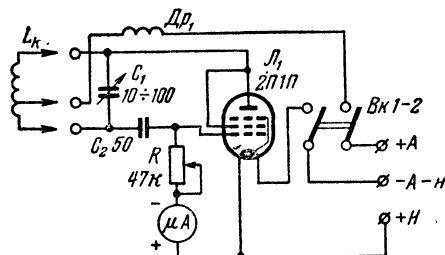


Рис. 1. Схема ГИР с питанием от батарей.

<sup>1</sup> Книга сельского радиолубителя, изд. ДОСААФ, 1961.

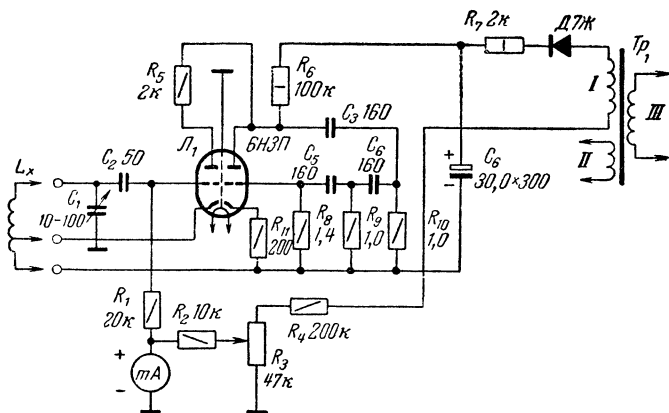


Рис. 2. Схема ГИР с модулятором.

осуществляется с помощью подачи звуковой частоты на сетку лампы генератора от источника питания. (в случае питания от сети переменного тока). На рис. 2 приведена схема ГИР, имеющего специальный модулирующий каскад, собранный на правом триоде по схеме  $RC$ -генератора, частота которого определяется резисторами  $R_8 - R_{10}$  и конденсаторами  $C_3 - C_5$ . При указанных величинах этих деталей частота модуляции равна 1 000  $гц$ .

На рис. 3 приведена схема ГИР, собранного на высокочастотном транзисторе типа П403. Колебательный контур  $L_K C_1$  включен в цепь базы транзистора  $T$ . Наивыгоднейший режим генерации устанавливается с помощью подстроечного конденсатора  $C_2$  и переменного резистора  $R_2$ , включенных в цепь эмиттера транзистора  $T_1$ . Переменный резистор  $R_1$  в цепи микроамперметра служит для регулировки чувствительности ГИР на разных поддиапазонах. Чувствительность микроамперметра, примененного в этой схеме, должна быть не менее 100—200  $мкА$ . В качестве детектора могут быть использованы германиевые точечные диоды типа Д1, Д2, Д9, Д10 и т. д. (в зависимости от рабочей частоты). При работе на частотах выше 30  $Мгц$

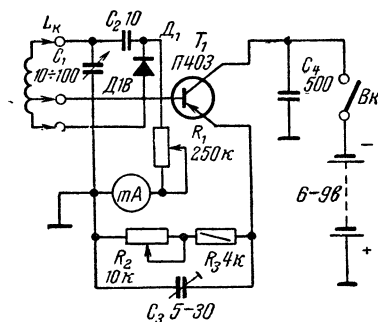


Рис. 3. Схема ГИР на транзисторе.

следует применять транзисторы типа П402 или П403 (до 120  $Мгц$ ).

Лучше всего применять транзисторы П403А или П403, подбирая их практически таким образом, чтобы генерация не срывалась на всем рабочем диапазоне частот ГИР.

**Детали.** Количество сменных катушек  $L_K$  определяется желаемым диапазоном частот, на которых предполагается работать, и емкостью конденсатора  $C_1$ . Желательно, чтобы он имел максимальную емкость не менее 100—80  $пф$ . В этом случае для перекрытия диапазона 1—48  $Мгц$  потребуется изготовить всего пять сменных катушек. Данные катушек приведены в табл. 1.

Таблица 1

Катушка для диапазона, Мгц	Число витков	Провод	Длина намотки, мм	Отвод от витка снизу
1—2,8	140	ПЭЛ 0,1	22	33
2,7—6	65	ПЭЛ 0,1	15	17
5,9—12	35	ПЭЛ 0,2	10	11
11,8—24	12	ПЭЛ 1,0	13	5
23—47	6	ПЭЛ 1,0	12	1,5

Диаметр каждой катушки 20 мм.

В схемах, изображенных на рис. 1 и 3, отвод на катушках берется от среднего витка.

В гетеродинном индикаторе резонанса могут быть использованы и другие катушки. Диапазон частот, на которых может работать ГИР, в основном определяется примененными в нем лампами и деталями, их рациональным размещением и тщательностью выполнения монтажа. Гетеродинный индикатор резонанса, выполненный на УКВ триодах типа 6С1П или 6С2П, с тщательно изготовленными катушками, устойчиво работает на частотах 200  $Мгц$  и выше. Для частот 100—1 000  $кгц$  намотку катушек можно производить «внавал» проводом диаметром 0,08—0,2  $мм$  на каркасах между двумя картонными щечками. Диаметр каркасов может быть взят любой (10—20  $мм$ ). Намотку катушек для УКВ диапазонов лучше всего производить голым медным посеребренным проводом диаметром 1—1,5  $мм$ . Конденсатор переменной емкости  $C_1$  лучше всего взять с воздушным диэлектриком, или типа КПК-2. Последний следует снабдить держателем с удлиненной осью.

В качестве измерительного прибора-индикатора можно использовать магнитоэлектрический прибор с чувствительностью 100—500  $мкА$ . При отсутствии чувствительных приборов для индикаторов можно воспользоваться миллиамперметром на 5—10  $мА$ . Он включается не в сеточную, а в анодную цепь лампы генератора. В этом случае резонансная настройка генератора с частотой исследуемого контура будет отме-



чаться увеличением анодного тока лампы генератора.

Радиолюбителю следует напомнить, что в ГИР хорошо работают почти все усилительные лампы (на частотах до 40 Мгц). При применении в приборе ВЧ пентодов следует использовать их в триодном включении (вторая и третья сетки соединяются вместе с анодом).

Для ГИР, показанного на схеме рис. 2, можно использовать небольшой трансформатор питания от радиовещательного приемника или изготовить трансформатор самостоятельно, намотав на сердечнике из пластин Ш-19 (набор 22 мм) обмотку I — 1 800 витков провода ПЭЛ 0,1, обмотку II — 78 витков провода ПЭЛ 0,3. Для питания ГИР от сети 127 в обмотка III должна содержать 1 500, а для сети напряжением 220 в 2 650 витков провода ПЭЛ 0,12. В последнем случае, сделав отвод от середины обмотки III, можно будет питать прибор от сети 110 и 220 в.

Полупроводниковый диод ПП<sub>1</sub> в выпрямителе (рис. 2) можно заменить селеновым выпрямителем, собранным из 12—15 шайб диаметром 15 мм. Можно в выпрямителе использовать кенотрон (например, типа 6Ц4П или 6Ц5С), в этом случае на трансформаторе Тр<sub>1</sub> следует намотать дополнительную обмотку в 78 витков провода ПЭЛ 0,6 для накала кенотрона.

Конденсатор С<sub>2</sub> — керамический типа КПК-1, остальные конденсаторы — слюдяные типа КСО-1 или бумажные типа КБГИ. Конденсатор С<sub>6</sub> — электролитический типа КЭ-2. Переменные резисторы — типа СП или СПО, все постоянные резисторы — типа МЛТ или ВС.

Монтаж ГИР производится в металлическом шасси, размеры которого определяются деталями, используемыми в схеме ГИР. Гетеродинный индикатор резонанса, схема которого приведена на рис. 2, удобнее монтировать в виде двух блоков. В одном из них размещаются силовой трансформатор Тр<sub>1</sub>, детали выпрямителя и микроамперметр, в другом — все остальные детали схемы. Для подключения сменных контурных катушек L<sub>к</sub> устанавливается ламповая панелька (октальная от обычных ламп или семиштырьковая для пальчиковых ламп). Катушки монтируются на цоколях от перегоревших ламп или для них изготавливаются специальные основания с контактными шпильками. Детали высокочастотного генератора следует располагать таким образом, чтобы длина соединительных проводников была наименьшей; это обеспечит устойчивую работу ГИР на частотах УКВ диапазона. Конденсатор переменной емкости С<sub>1</sub> следует устанавливать так, чтобы выводы от его статорных и роторных пластин находились возможно ближе к контактными лепестками панельки для сменных катушек L<sub>к</sub>. Ламповую панельку лампы Л<sub>1</sub> также

располагают с расчетом наиболее выгодного подключения ее анодной и сеточной цепей к контуру L<sub>к</sub>С<sub>1</sub>. Соединительный кабель между высокочастотным блоком и блоком питания может быть взят любой. При изготовлении ГИР следует стремиться сделать его возможно более компактным.

## НАСТРОЙКА И НАЛАЖИВАНИЕ ГИР

После проверки цепей питания ГИР прежде всего следует убедиться в работе генератора. Для этого в контактные гнезда ламповой панельки, предназначенной для сменных катушек, вставляют одну из катушек и, вращая движок переменного резистора R<sub>з</sub> (рис. 2), наблюдают за показаниями сеточного микроамперметра. В некотором начальном положении его появится сеточный ток, который должен увеличиваться по мере изменения напряжения на управляющей сетке лампы Л<sub>1</sub>. Проверить наличие колебаний в контуре генератора можно также по исчезновении сеточного тока (срыву колебаний) в момент касания рукой витков катушки генератора.

Убедившись в нормальной работе генератора, переходят к определению и подгонке диапазонов. Начать следует с самого длинноволнового — 1,0—2,8 Мгц (катушка L<sub>к</sub>). Проще всего подгонку диапазонов производить с помощью градуированного приемника. Подгонку УКВ диапазона при отсутствии градуированного приемника можно произвести с помощью двухпроводной измерительной линии (см. описание на стр. 319). Вся подгонка диапазонов должна производиться таким образом, чтобы нижняя крайняя частота следующего диапазона была несколько меньшей, чем высшая частота предыдущего диапазона (например, в данном случае при наибольшей частоте 2,8 Мгц первого диапазона второй диапазон начинается с 2,7 Мгц).

Первоначальная подгонка диапазонов осуществляется изменением индуктивности катушек L<sub>к</sub>, отметкой или домоткой у них нескольких витков. Более точную подгонку можно произвести укреплением внутри каркасов катушек кусочков карбонильного железа в случае необходимости увеличения индуктивности или помещением короткозамкнутых витков из медного провода — для уменьшения индуктивности катушки.

Контрольный приемник, на котором будут проверяться ГИР, собранные по схемам на рис. 1 и 3, должны иметь второй гетеродин, применяемый для приема телеграфных сигналов. Для градуировки ГИР, собранного по схеме на рис. 2, наличие такого гетеродина в контрольном приемнике необязательно, так как в ГИР предусмотрена модуляция несущей частоты.

Определив границы первого диапазона, переходят к следующему, обеспечивая в каждом отдельном случае перекрытие концов соседних диапазонов.

По окончании подготовки всех сменных катушек ГИР рекомендуется для большей механической прочности и защиты от проникновения влаги произвести пропитку их изоляционным лаком (например, раствором полистирола в дихлорэтане). Еще лучше изготовить защитные цилиндры из изоляционного материала (с толщиной стенок 0,5—1 мм), в которые и поместить катушки. В этом случае совершенно исключается повреждение обмотки катушек при работе с ГИР.

Для градуировки шкалы ГИР устанавливают на некотором расстоянии от контрольного приемника с таким расчетом, чтобы около катушки  $L_k$  не было никаких металлических предметов и положение ГИР оставалось бы неизменным на все время производства его градуировки. Если в используемом для градуировки КВ приемнике рабочий диапазон начинается с 1,5 Мгц, следует на нем принять вторую гармонику ГИР и, разделив пополам полученное значение частоты, сделать первую отметку (риску) на шкале. Перестроив приемник на частоту, соответствующую следующей желательной отметке, ГИР подстраивают по максимуму слышимости в приемнике и делают на шкале следующую отметку и т. д. Количество отдельных значений частоты, отмеченных на шкале, зависит от желательной точности, а также от цены делений на шкале используемого для градуировки приемника. Кроме общих частотных отметок на шкале, для удобства работы с КВ и УКВ аппаратурой можно сделать дополнительные отметки крайних частот соответствующих любительских диапазонов. Если предполагается использовать ГИР для работы с радиовещательной аппаратурой, то можно принять нижнюю частоту для ГИР в 150 кгц (наименьшая частота длинноволнового вещательного диапазона). Подбор катушек и градуировку ГИР начинают с этой частоты с помощью обычного вещательного приемника с заведомо правильной шкалой.

#### МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ ГИР

Одним из наиболее распространенных случаев использования ГИР является определение им собственной резонансной частоты различных контуров. Для этого катушку  $L_k$  ГИР подносят к катушке колебательного контура, резонансную частоту которого предстоит определить, и вращением рукоятки конденсатора переменной емкости по резкому спаду показаний сеточного прибора ГИР определяют момент резонанса генерируемой ГИР частоты с частотой исследуе-

мого контура. После этого показание частоты считывается со шкалы ГИР или определяется по градуировочной кривой. Если при данной катушке резонанса отметить не удалось, следует взять другую катушку из набора сменных катушек ГИР и повторить все сначала.

При некотором опыте производства подобных измерений обычно удается сразу выбрать нужную катушку для каждого отдельного случая. Для получения наибольшей точности измерения рекомендуется иметь возможно более слабую связь между катушкой ГИР и исследуемым контуром, т. е. производить измерение на наибольшем, практически возможном, расстоянии между катушками, на котором удастся четко зафиксировать спад тока на индикаторе ГИР. При смене катушек ГИР следует с помощью переменного резистора, стоящего в цепи индикатора, добиваться такого положения, при котором стрелка индикатора после смены катушек находилась бы примерно в одном и том же положении. В тех случаях, когда невозможно поднести ГИР непосредственно к проверяемому контуру, можно применять дополнительный отрезок коаксиального кабеля, снабженный петлей связи, подключая его к катушке ГИР.

Кроме измерения резонанса параллельных контуров, таким же методом определяются резонансные частоты кварцевых пластин антенно-фидерных систем, конденсаторов, дросселей и других элементов радиосхем. В каждом случае катушка  $L_k$  ГИР подносится к петле связи, соединяющей концы детали (обкладки конденсатора, концы дросселя и т. д.), и по показаниям индикатора определяется момент резонанса. Когда же приходится иметь дело с контурами, зашунтированными малыми сопротивлениями, момент резонанса определить бывает весьма трудно. В этом случае рекомендуется отключать шунтирующее сопротивление от контура.

Если же обнаруживается явление расплывчатого резонанса при связи с контуром там, где можно предполагать обычные резонансные системы, то это сигнализирует о наличии короткозамкнутых витков в контуре или в параллельных ему цепях. Таким образом, ГИР поможет в некоторых случаях обнаруживать и устранять неисправности в различных узлах радиоаппаратуры.

Для определения собственной емкости монтажа схемы со всеми элементами, включая межэлектродные емкости ламп, на время измерения следует составить вспомогательный контур из катушки индуктивности, содержащей три-пять витков провода диаметром 1—2 мм при диаметре намотки 20—25 мм. Конденсатором этого контура будет емкость монтажа — шасси. После определения резонансной частоты, которая обыч-

но лежит в пределах 20—40 Мгц, этот контур заменяют керамическим или слюдяным конденсатором емкостью 20—30 пф (желательно предварительно измерить емкость этого конденсатора) и вновь определяют резонансную частоту. По полученной разности частот можно судить об емкости монтажа данного узла.

Гетеродинный индикатор резонанса с модулятором можно использовать как обычный сигнал-генератор для настройки супергетеродинных приемников и телевизоров. В этом случае катушку  $L_k$  ГИР подносят к сеточному контуру преобразователя и, установив по шкале ГИР частоту, равную промежуточной частоте приемника, настраивают контуры ПЧ приемника, ориентируясь на наибольшую громкость или на показания вольтметра, подключенного к выходу приемника. Затем, используя ГИР как волномер, устанавливают границы частоты гетеродина путем подбора индуктивности катушки и емкости сопрягающего конденсатора. В заключение, подав на вход приемника сигнал соответствующей частоты, производят настройку входа и сопряжение контуров.

С помощью ГИР с модулятором можно производить покаскадную проверку приемников. Для этого сигнал от ГИР поочередно подают в сеточные цепи всех высокочастотных каскадов, начиная с последнего каскада усилителя ПЧ. Во избежание ошибки лампы предыдущих каскадов на это время удаляют.

С неменьшим успехом можно использовать ГИР в качестве чувствительного волномера. Для этого генератор устанавливают в режим срыва колебаний и таким образом превращают в регенеративный приемник со стрелочным индикатором в цепи сетки. Срыв колебаний достигается уменьшением анодного напряжения и будет характеризоваться падением сеточного тока. При поднесении катушки  $L_k$  к источнику высокочастотных колебаний можно будет вновь наблюдать появление сеточного тока в момент настройки ГИР в резонанс с источником колебаний ВЧ.

Кроме перечисленных случаев применения ГИР, имеется целый ряд других возможностей его использования, которые подскажет радиолюбителю дальнейшая практика работы с ним.

## ЛИТЕРАТУРА

Е н ю т и н В., Н и к у л и н С., Радиолюбительские измерения, изд-во ДОСААФ, 1958.

В брошюре рассматриваются вопросы методики применения ламповых вольтметров не только для измерения напряжений постоянного, переменного и импульсных напряжений, но и для измерения емкости и индуктивности.

Эта полезная брошюра содержит описания восьми конструкций различных ламповых вольтметров, включая омметр и мегомметр и подробную методику измерений с их помощью.

С о б о л е в с к и й А. Г., Измерения в практике радиолюбителя, Госэнергоиздат, 1959 (Массовая радиобиблиотека).

В книге рассказывается об измерениях, встречающихся при налаживании и испытании усилителей низкой частоты, магнитофонов, радиоприемников и телевизоров.

Е л а т о м ц е в В. И., Универсальный измерительный прибор с испытателем радиоламп и транзисторов, Госэнергоиздат, 1961 (Массовая радиобиблиотека).

Описание портативного любительского универсального двухлампового измерительного прибора, позволяющего с достаточной точностью измерять: постоянное напряжение от 50 мв до 1 200 в; переменное напряжение низкой и высокой частоты; постоянный ток от 5 мка до 600 ма; сопротивление от 0,2 ом до 1 000 Мом и емкость от 1 до 5 000 пф.

Кроме того, прибор позволяет испытывать радиолампы и транзисторы.

К н и г а с е л ь с к о г о р а д и о л ю б и т е л я. Под общей редакцией В. А. Бурлянда, изд-во ДОСААФ, 1961.

Десятая и одиннадцатая главы книги посвящены радиолюбительским измерениям (методика и описание несложных приборов) и налаживанию усилителей и радиоприемников.

С о н и н Е. К., Любительские измерительные приборы на транзисторах, Госэнергоиздат, 1961 (Массовая радиобиблиотека).

Брошюра содержит описания десяти самодельных измерительных приборов (милливольтметр звуковых частот, генераторы низкой и высокой частоты, вольтметр постоянного тока, измерители низких частот и емкости), выполненных на транзисторах.

В п о м о щ ь р а д и о л ю б и т е л ю, вып. 12, изд-во ДОСААФ, 1962.

В сборнике помещена статья С. Матлина, Испытатели полупроводниковых триодов.

В п о м о щ ь р а д и о л ю б и т е л ю, вып. 16, изд-во ДОСААФ, 1963.

В сборнике помещена статья М. Фролова, Сигнал-генераторы на полупроводниковых приборах (Разработка лаборатории центрального радиоклуба). Она содержит описание четырех сигнал-генераторов различной сложности.

О р л о в А. А. и Я к о в л е в В. В., Простейшие измерительные приборы для проверки транзисторов, Госэнергоиздат, 1963 (Массовая радиобиблиотека).

Описание простейших самодельных испытателей основных параметров транзисторов.

Р у м я н ц е в М. М., Любительский сигнал-генератор, Госэнергоиздат, 1963 (Массовая радиобиблиотека).

Брошюра содержит подробное описание конструкции любительского сигнал-генератора, доступного для самодельного изготовления широким кругам радиолюбителей.

С о б о л е в с к и й А. Г., Тестеры и авометры, Госэнергоиздат, 1963 (Массовая радиобиблиотека, Справочная серия).

Брошюра содержит основные справочные сведения о работе с тестерами и авометрами — комбинированными многопредельными приборами, предназначенными для измерения тока, напряжения и сопротивления.

Б о л ь ш о в В., Г у к и н В., Книга начинающего радиолюбителя, изд-во ДОСААФ, 1964.

XIII глава книги посвящена радиоизмерениям.

В п о м о щ ь р а д и о л ю б и т е л ю, вып. 17, изд-во ДОСААФ, 1964.

В сборнике помещена статья Я. Розенфельда, Универсальный измерительный прибор.

В состав прибора входят: авометр, дающий возможность производить измерение токов, напряжений и сопротивлений; ламповый милливольтметр с питанием от сети переменного тока; генератор звуковой частоты, настроенный на фиксированную частоту 800 гц, с выходным делителем и регулируемым уровнем. Для уменьшения габаритов прибора некоторые элементы, входящие в разные схемы, являются общими.

М а й ш е в В. В., Испытатель полупроводниковых приборов, изд-во «Энергия», 1965 (Массовая радиобиблиотека).

Подробное описание самодельного испытателя полупроводниковых приборов и порядка пользования им. Даются справочные сведения о параметрах полупроводниковых приборов, подлежащих проверке.

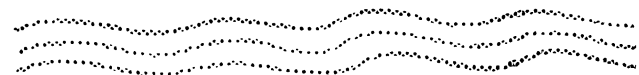
С о б о л е в с к и й А. Г., Любительский измерительный прибор, изд-во «Энергия», 1965 (Массовая радиобиблиотека).

Подробное описание схемы и конструкции любительского универсального прибора для измерения постоянного и переменного напряжений, сопротивлений, емкостей и индуктивностей. Подробно рассказано о наладке прибора и работе с ним.

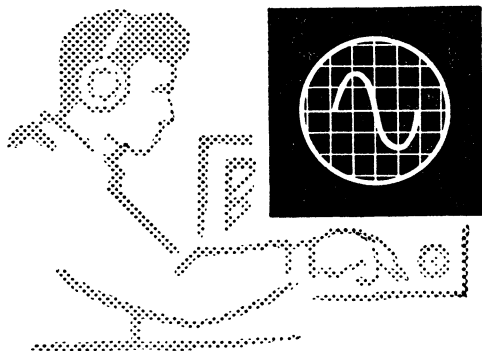
М о р о з о в В., Радиолюбительские приборы для проверки транзисторов, изд-во ДОСААФ, 1965.

В брошюре изложены методы проверки полупроводниковых диодов и транзисторов и приводятся описания двух приборов для измерения  $\beta$  транзисторов и прибора для измерения параметров транзисторов при регулируемом токе коллектора.





## Глава одиннадцатая



# НАЛАЖИВАНИЕ РАДИОПРИЕМНИКОВ И ИХ РЕМОНТ

## НАЛАЖИВАНИЕ УСИЛИТЕЛЕЙ И ПРИЕМНИКОВ <sup>1</sup>

Наиболее правильным методом налаживания радиоприемника является последовательное опробование его основных блоков, начиная с выхода (с конца). Например, в радиоприемнике прямого усиления сначала налаживают усилитель низкой частоты, затем детектор, обратную связь и, наконец, усилитель высокой частоты. Следует строго придерживаться именно такой последовательности. Ошибочно начинать налаживание с усилителя высокой частоты, так как нет уверенности, работает ли усилитель низкой частоты, и прием может отсутствовать, несмотря на все попытки «наладить» усилитель высокой частоты. Не следует также переходить к налаживанию последующего блока до тех пор, пока не будет хорошо настроен предыдущий.

Однако прежде чем начинать налаживание отдельных блоков, надо обеспечить нормальные условия работы радиоаппарата в целом. К таким условиям относятся обеспечение нормальных напряжений питания и подгонка номинальных режимов ламп и транзисторов всех блоков радиоаппарата.

**Обеспечение нормальных напряжений питания.** При питании радиоаппарата от батарей вначале проверяют напряжение, даваемое этими

батареями под нагрузкой, в качестве которой лучше всего использовать заведомо работающий радиоприемник. В крайнем случае можно использовать и налаживаемый приемник, предварительно тщательно проверив его электрический монтаж, особенно на отсутствие замыканий. Еще лучше батареи подключить к приемнику через амперметр. Если после включения ток, потребляемый от батарей, очень быстро возрастает до значения, во много раз превышающего нормальный ток для данного радиоаппарата, то это означает, что в схеме имеются короткие замыкания или неисправные детали, и батареи надо немедленно выключить.

Напряжения батарей под нагрузкой не должны отличаться от номинальных более чем на 10—12%. Кроме того, напряжение батарей не должно изменяться под нагрузкой. Падение напряжения или его резкие скачки свидетельствуют о разряде батареи или наличии в ней ненадежных контактов.

При питании радиоаппарата от сети переменного тока в первую очередь измеряют напряжение сети и производят соответствующее включение сетевых обмоток трансформатора питания. Если напряжение сети больше или меньше нормального, то силовой трансформатор питающего устройства (блока выпрямителя) следует включить через автотрансформатор. Если в ка-

<sup>1</sup> Книга сельского радиолюбителя, изд-во ДОСААФ, 1961.

честве нагрузки используют налаживаемый радиоаппарат, то, как и в предыдущем случае, вначале тщательно проверяют его монтаж и отдельные детали, а выпрямитель подключают к радиоаппарату через амперметр. Затем вольтметром измеряют напряжение на выходе выпрямителя (на выходном конденсаторе фильтра). Если это напряжение много меньше номинального, то надо проверить величины сопротивлений в схеме фильтра выпрямителя, а также исправность электролитических конденсаторов фильтра, так как пониженное напряжение на выходе фильтра может быть в результате большого тока утечки этих конденсаторов. Следует также проверить исправность кенотрона (лучше всего заменить новым), селеновых выпрямителей или полупроводниковых диодов.

Пониженное напряжение на выходе выпрямителя может быть вызвано замыканием части витков обмоток трансформатора питания. Обнаружить такое замыкание (при отсутствии специального прибора) можно по нагреву трансформатора.

Наконец, вообще отсутствие напряжения на выходе выпрямителя может явиться результатом обрыва в обмотках трансформатора или дросселе фильтра (надо проверить целостность обмоток омметром или пробником, а также измерить напряжение на обмотках трансформатора), пробоя (короткого замыкания) конденсаторов фильтра выпрямителя, а также объясняться неисправностью выпрямительных вентилей — кенотрона или полупроводниковых диодов.

**Подгонка нормальных режимов работы ламп и транзисторов.** Когда обеспечено нормальное напряжение питания, приступают к подгонке режимов работы ламп и транзисторов. Поговорим сначала о лампах.

Подгонку начинают с выходной лампы усилителя низкой частоты, так как она потребляет большой ток и поэтому сильно влияет на величину выходного напряжения выпрямителя.

Напряжение на электродах ламп зависит от величины сопротивления резисторов, включенных в цепи этих электродов. Изменяя сопротивления, можно изменять и напряжения на электродах. Подгонку режима ламп надо начинать с измерения напряжения смещения на управляющей сетке. От величины этого напряжения зависит ток, идущий через лампу, а следовательно, и напряжение на ее аноде.

Подгонку напряжения смещения производят изменением сопротивления резистора  $R_K$ , включенного в катодную цепь, или соответствующего резистора  $R_{см}$  в цепочке сопротивлений, включенных в минусовую цепь выпрямителя, в зависимости от способа создания напряжения смещения (рис. 1, а). В последнем случае подгонку

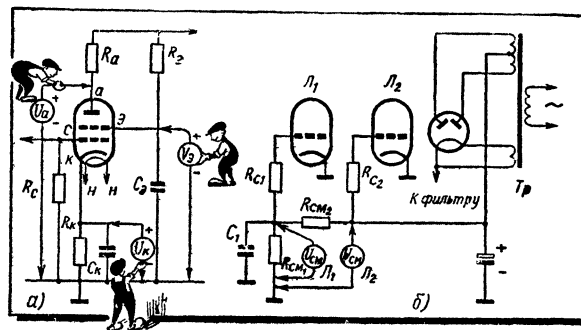


Рис. 1. Схемы подачи напряжения смещения на управляющую сетку лампы.

а — схема автоматического смещения; б — схема получения напряжения смещения с делителя, включенного в минусовую цепь выпрямителя.

напряжения смещения надо начинать с той лампы, сопротивление смещения которой присоединено к «земле» (с лампы  $L_1$  на рис. 1, б), так как если начать с лампы  $L_2$ , подобрав сопротивление резистора  $R_{см2}$ , то при этом изменится напряжение смещения на управляющей сетке лампы  $L_2$ .

Когда напряжение смещения установлено примерно нужной величины, приступают к подгонке напряжения на экранирующей сетке. Подбор напряжения на ней производят изменением сопротивления резистора  $R_3$ . Для измерения напряжения на экранирующей сетке нужно применять обязательно высокоомный вольтметр, иначе показания прибора будут сильно занижены.

Наконец, переходят к подгонке напряжения на аноде лампы. Это производится изменением сопротивления резистора  $R_A$ . Подбрав напряжения на аноде и экранирующей сетке; следует вновь проверить напряжение смещения на управляющей сетке и, если оно значительно изменилось, заново произвести подгонку режима.

На практике обычно измеряют напряжения на электродах ламп относительно «земли», т. е. минуса напряжения питания. В справочниках же напряжения на электродах указываются относительно катода лампы. Поэтому если лампа включена по схеме автоматической подачи напряжения смещения на управляющую сетку (рис. 1, а), то напряжение смещения складывается с измеряемым напряжением на электроде лампы. Это необходимо учитывать при подгонке режима оконечной лампы, у которой напряжение смещения на управляющей сетке обычно велико, порядка 10—30 в.

Порядок установления рабочих режимов транзисторов имеет некоторые особенности. Рассмотрим три схемы включения транзисторов по постоянному току (рис. 2). В первой схеме (рис. 2, а) нагрузкой является резистор

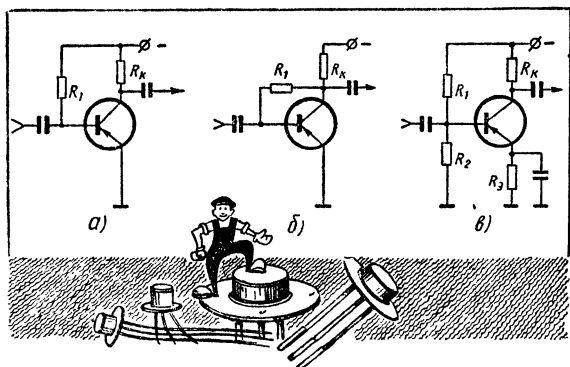


Рис. 2. Схемы включения транзисторов по постоянному току.

$R_k$ , а сопротивление резистора  $R_1$  определяет напряжение базового смещения. Как известно, от величины сопротивления нагрузки зависят коэффициент усиления каскада, амплитуда и мощность выходного напряжения. От величины же сопротивления смещения базовой цепи зависит положение рабочей точки на характеристике транзистора, а значит, и величина нелинейных искажений. В этом отношении транзисторная схема не имеет принципиальных отличий от ламповой. Однако заметим, что особенностью транзисторных схем является нестабильность положения рабочей точки на характеристике, если не приняты специальные меры. В основном эта нестабильность связана с разбросом значений коэффициента  $\beta$  у различных экземпляров транзисторов и зависимостью этого коэффициента от температуры окружающей среды.

Простейший способ компенсации всех этих изменений — создание в схеме каскада обратной связи путем подключения резистора цепи базового смещения непосредственно к коллектору транзистора (рис. 2, б). Еще лучшие результаты обеспечивает схема, показанная на рис. 2, в.

Подгонку режима начинают с измерения напряжений на электродах транзистора (рис. 3). Сопротивление резистора  $R_3$  в цепи эмиттера обычно невелико, поэтому измерить падение напряжения на этом сопротивлении можно с помощью обычного вольтметра с входным сопротивлением порядка 3 ком/в

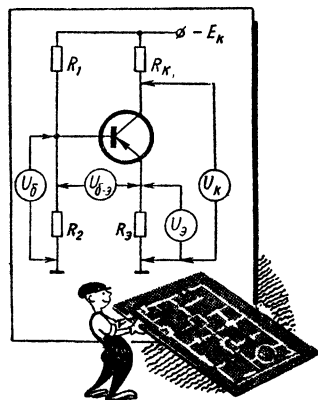


Рис. 3. Измерение напряжений на транзисторе.

и более. Если величина резистора  $R_k$  не превышает 5 ком, то напряжение на коллекторе можно измерить с помощью такого же прибора. При большей величине резистора следует пользоваться ламповым вольтметром. Однако это напряжение можно измерить и косвенным путем. Для этого измеряют напряжение на резисторе  $R_3$  и определяют ток через транзистор:

$$I = \frac{U_3}{R_3}.$$

Пренебрегая током базы, который весьма невелик, можно считать, что токи в коллекторной и эмиттерной цепях равны и через резистор  $R_k$  тоже проходит ток, равный  $I$ . Поэтому напряжение на коллекторе  $U_k = E_k - IR_k$ .

В большинстве случаев сопротивления резисторов  $R_1$  и  $R_2$  из соображений экономии питания выбираются значительной величины (до 20—30 ком); кроме того, при малом коллекторном токе ток базы также мал, поэтому сопротивление участка база — эмиттер транзистора имеет величину порядка килоом. Такая величина соизмерима с входным сопротивлением лучших стрелочных вольтметров на шкалах 1—3 в, и следовательно, напряжения  $U_6$  и  $U_{6-3}$  можно измерять только ламповым вольтметром. Впрочем, необходимость в измерении этих напряжений встречается редко.

Приступая к налаживанию лампового приемника, радиолюбитель обычно уверен в качестве радиоламп, особенно если они новые и приобретены в магазине. Транзисторы же нуждаются в предварительной проверке и измерении коэффициента усиления  $\beta$ .

Проверить транзистор на отсутствие коротких замыканий между электродами можно с помощью омметра. Для этого вывод базы транзистора (типа  $p-n-p$ ) соединяют со щупом омметра, обозначенным «+», а второй щуп поочередно присоединяют к выводам эмиттера и коллектора. Сопротивление между этими электродами должно быть порядка 10—1 000 ом. Затем к базе транзистора присоединяют щуп с обозначением «—» и повторяют измерение. Сопротивление участка эмиттер — база должно быть не менее 10 ком, а участка коллектор — база не менее 100 ком.

Измерить коэффициент усиления по току  $\beta$  можно также с помощью омметра, включенного для измерения тысяч ом. Щуп с обозначением «+» присоединяют к коллектору, а другим щупом последовательно касаются выводов базы и эмиттера. Для оценки величины коэффициента  $\beta$  надо указанное стрелкой прибора количество делений любой линейной шкалы при подключении щупа «—» к выводу базы (обычно омметр входит в состав прибора, у которого обязательно



есть равномерные шкалы для отсчетов значений токов и постоянных напряжений) разделить на количество делений этой же шкалы, отмеченных стрелкой при подсоединении щупа «—» к выводу эмиттера транзистора. Конечно, подобный способ измерения коэффициента  $\beta$  дает приблизительные результаты, но в любительской практике очень редко требуется измерять этот параметр с большей точностью. Ведь радиолюбителю необходимо лишь убедиться, что транзистор обладает коэффициентом  $\beta$  не менее 15—20 и поэтому пригоден к работе, ибо установка в почти любую схему транзисторов с большим коэффициентом усиления практически не улучшает ее работу. Транзисторы же с коэффициентом  $\beta = 30 \div 50$  можно считать очень хорошими.

Подгонку режимов транзисторных приемников, как и ламповых, следует начинать с оконечных каскадов. Ток коллекторов транзисторов, работающих в схемах оконечных каскадов класса А, надо устанавливать в зависимости от величины выходной мощности, напряжения питания и сопротивления нагрузки. Если на выходе усилителя установлен громкоговоритель электромагнитного типа с сопротивлением обмотки по постоянному току порядка 60—70 ом, то в зависимости от напряжения питания выходная мощность составляет 30—50 мвт (для транзисторов П13—П16). В этом случае ток коллектора должен быть не более 10 ма. Примерно такие же токи коллекторов должны быть и в схемах оконечных каскадов усилителей с электродинамическими громкоговорителями на выходе. Регулируют ток коллектора транзистора по показаниям миллиамперметра, включенного в разрыв коллекторной цепи.

Если оконечный каскад усилителя низкой частоты собран по схеме, показанной на рис. 4, то вначале подбирают сопротивление резистора  $R_2$  примерно указанной величины, а затем вместо резистора  $R_2$  включают потенциометр с сопротивлением 50—100 ком и регулируют его до получения необходимой величины коллекторного тока транзистора. Заметим, что для предотвращения выхода транзистора из строя между потенциометром и базой следует включить ограничивающий резистор сопротивлением 5—10 ком. Далее измеряют омметром найденную величину потенциометра и впаивают

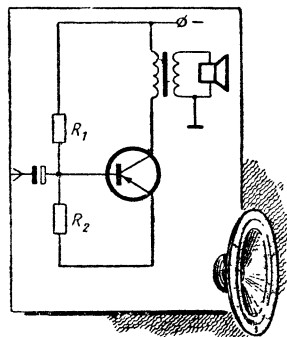


Рис. 4. Схема оконечного каскада усилителя низкой частоты.

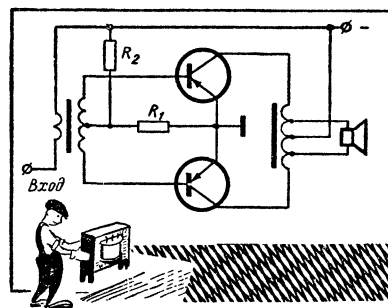


Рис. 5. Схема двухтактного выходного каскада.

в схему резистор с соответствующим сопротивлением.

В двухтактных схемах выходных каскадов (рис. 5) вначале устанавливают сопротивление резистора  $R_1$  в пределах 27—270 ом, а затем подбирают сопротивление резистора  $R_2$  до получения тока коллектора обоих транзисторов в пределах 2—6 ма. Чем меньше сопротивление резистора  $R_1$ , тем меньше должно быть сопротивление резистора  $R_2$  и, следовательно, тем больше будет расход тока от источника питания. Однако чем больше сопротивление резистора  $R_1$ , тем меньше коэффициент усиления и выходная мощность каскада. Кроме того, от сопротивления резистора  $R_2$  зависит величина нелинейных искажений усилителя.

В некоторых схемах усилителей низкой частоты для получения напряжения смещения на базы транзисторов оконечного каскада используется коллекторный ток транзистора каскада предварительного усиления (рис. 6). В этом случае установку режима надо начинать именно с этого каскада: путем изменения сопротивления резистора  $R_1$  подобрать ток коллектора транзистора  $T_1$  в пределах 1—6 ма, предварительно

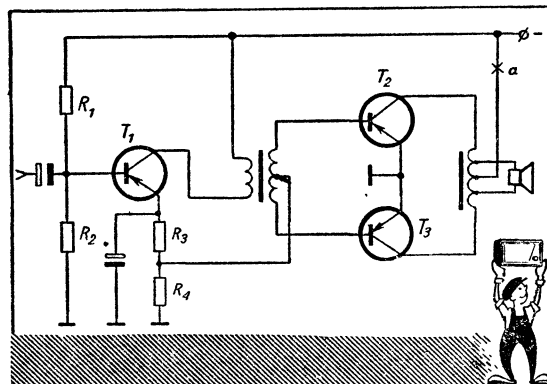


Рис. 6. Получение напряжения смещения на базах транзисторов оконечного каскада за счет коллекторного тока транзистора каскада предварительного усиления.

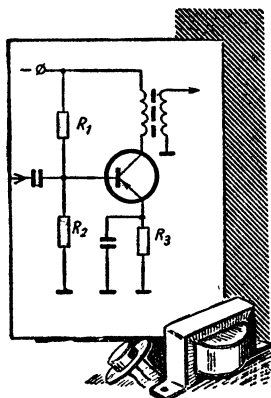


Рис. 7. Схема высокочастотного каскада на транзисторе.

Заметим, что токи каскадов предварительного усиления, а также напряжения на коллекторах транзисторов этих каскадов должны быть минимальными, чтобы уменьшить шумы, прослушиваемые в громкоговорителе. Однако не следует, конечно, забывать и о необходимой выходной мощности.

Подбор режимов транзисторов высокочастотных каскадов производят аналогичным образом, например путем изменения сопротивления резистора  $R_1$  — см. рис. 7.

Когда режимы работы ламп и транзисторов

отключив коллекторные цепи оконечного каскада (разорвав цепь в точке  $a$ ). Затем в точку  $a$  включают миллиамперметр и регулировкой сопротивления резистора  $R_4$  устанавливают ток коллекторов транзисторов оконечного каскада.

подобраны, можно приступить к налаживанию радиоаппарата. Однако такое разделение понятий «подгонка режимов» и «налаживание радиоаппарата» условно. По существу подгонка режима уже есть и налаживание. На практике редко случается, что после сборки аппарата приходится лишь подобрать режим работы ламп или транзисторов. Обычно при подгонке режима одновременно приходится выявлять и устранять различные неисправности в каскаде, в котором работает данная лампа или транзистор, без чего невозможно подогнать режим. Например, обрыв в анодной цепи приводит к отсутствию напряжения на аноде лампы. Чтобы подогнать анодное напряжение лампы, надо найти и устранить эту неисправность. Поэтому в дальнейшем, говоря о налаживании отдельных каскадов, мы будем указывать неисправности, которые в действительности должны быть устранены еще в процессе подгонки режимов ламп и транзисторов.

Примеры налаживания в основном будут даны применительно к ламповым радиоаппаратам. Налаживание транзисторных приемников не имеет принципиальных отличий по сравнению с ламповыми. Следует лишь иметь в виду те специфические советы по установке режимов транзисторов, которые были приведены выше.

## НАЛАЖИВАНИЕ УСИЛИТЕЛЯ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

Чтобы определить еще до подгонки режима, работает ли усилитель, включают напряжение питания и прикасаются металлической отверткой сначала к управляющей сетке выходной лампы, а затем к управляющей сетке лампы предварительного каскада усиления (регулятор громкости должен стоять в положении максимальной громкости). При этом в громкоговорителе должно появиться гудение, что свидетельствует об общей исправности усилителя. Если же во время касания отверткой сетки выходной лампы гудение появилось, а при касании сетки лампы каскада предварительного усиления не появилось, то это означает, что каскад предварительного усиления неисправен. Наконец, если гудение вообще не появилось, то может быть неисправен выходной каскад или оба каскада сразу.

Возможны следующие неисправности:

1. Отсутствует напряжение на аноде лампы  $L_2$ : обрыв в цепи анода или первичной обмотки выходного трансформатора; первичная обмотка выходного трансформатора пробита на корпус; пробит или имеет большую утечку конденсатор  $C_7$  (рис. 8).

2. Напряжение на аноде лампы  $L_2$  равно напряжению анодного питания: обрыв в цепи

катода или экранирующей сетки лампы (отсутствует ток через лампу); замкнута накоротко первичная обмотка выходного трансформатора.

3. Недостаточно или отсутствует напряжение на экранирующей сетке лампы  $L_2$ : обрыв в цепи экранирующей сетки; поврежден резистор  $R_6$ ; пробит или имеет большую утечку конденсатор  $C_6$ .

4. Напряжение смещения (напряжение на катоде) лампы  $L_2$  очень велико: обрыв в цепи катода; поврежден резистор  $R_7$ ; большой ток

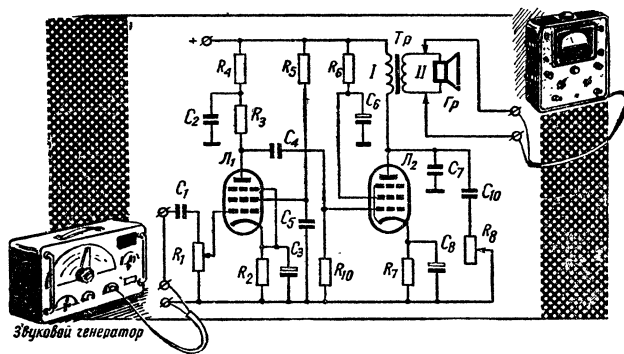


Рис. 8. Принципиальная схема усилителя низкой частоты.

утечки конденсатора  $C_8$ ; замыкание цепи управляющей сетки с катодом лампы.

5. Напряжение на катоде лампы  $L_2$  отсутствует или очень мало: замкнут резистор  $R_7$ ; пробит конденсатор  $C_8$ .

6. Отсутствует напряжение на аноде лампы  $L_1$ : обрыв в анодной цепи; перегорели резисторы  $R_3$  или  $R_4$ ; пробит конденсатор  $C_2$ .

7. Напряжение на аноде лампы  $L_1$  равно напряжению анодного питания: обрыв в цепи катода лампы; перегорел резистор  $R_2$ ; отсутствует напряжение на экранирующей сетке.

8. Очень мало напряжение на аноде лампы  $L_1$ : отсутствует смещение на управляющей сетке (очень большой ток через лампу); чрезмерное напряжение на экранирующей сетке; увеличилось сопротивление резисторов  $R_3$  или  $R_4$ .

9. Отсутствует напряжение на экранирующей сетке лампы  $L_1$ : перегорел резистор  $R_5$  или пробит конденсатор  $C_5$ .

10. Отсутствует напряжение смещения (напряжение на катоде) лампы  $L_1$ : замкнулся конденсатор  $C_3$  или резистор  $R_2$ .

11. Напряжение на катоде лампы  $L_1$  очень велико: обрыв в цепи катода; перегорел резистор  $R_2$ .

Анализируя указанные типовые неисправности, радиолюбитель получит навыки, которые позволят ему обнаружить неисправности в любой незнакомой схеме. Рекомендуем подобным же образом самостоятельно проанализировать возможные неисправности в схеме транзисторного усилителя (рис. 9).

Когда усилитель заработает т. е. будет возникать гудение при прикосновении отверткой к управляющим сеткам ламп или базам транзисторов, надо убедиться, что усилитель не самовозбуждается. Самовозбуждение усилителя проявляется в том, что в громкоговорителе слышен звук определенного тона: или очень высокий, или низкий, порядка 200 гц. Иногда возникает

так называемый «моторный шум» — генерация на очень низкой частоте. В большинстве случаев причиной самовозбуждения являются паразитные обратные связи между каскадами. Эти связи чаще всего возникают через анодные цепи каскадов или источник напряжения смещения, если он общий для всех каскадов.

Бороться с самовозбуждением можно прежде всего рациональным монтажом, при котором сеточные и анодные цепи каскадов экранированы друг от друга и имеют минимальную длину, установкой развязывающих фильтров в анодных цепях (например,  $R_4C_2$  на рис. 8), увеличением емкости выходного конденсатора фильтра выпрямителя, а также включением развязывающих фильтров в сеточные цепи при подаче напряжения смещения от общего делителя (см. рис. 1, б). В батарейном приемнике, особенно транзисторном, самовозбуждение усилителя низкой частоты может возникнуть при истощении батареи питания. В этом случае, если нельзя заменить батарею, параллельно ей следует подключить конденсатор емкостью 10—50 мкф.

Самовозбуждение, выражающееся в свистах очень высоких тонов при максимальном усилении, обычно вызывается емкостной связью между анодом оконечной лампы и сеточной цепью первой лампы усилителя. Для устранения этой связи надо экранировать сеточный провод первой лампы (он обычно идет к регулятору громкости и поэтому имеет значительную длину), удалить на максимальное расстояние выходной трансформатор от первой лампы, а также провода, идущие от анода выходной лампы к этому трансформатору. Наконец, совершенно необходимо заземлить баллоны металлических ламп.

При прерывистой генерации, если ее не удается устранить описанными мерами, надо попробовать уменьшить емкость переходного конденсатора  $C_4$  (но не менее 0,02 мкф), а затем сопротивление резистора  $R_{10}$ .

В транзисторном усилителе для борьбы с самовозбуждением, помимо указанных мер, можно рекомендовать ввести в схему конденсаторы и резисторы, показанные на схеме рис. 9 пунктиром. Для борьбы с прерывистой генерацией надо уменьшить емкость конденсатора  $C_1$  и  $C_2$ , а также увеличить сопротивление резисторов и емкость конденсаторов развязывающих фильтров.

Когда усилитель заработает устойчиво, переходят к регулировке качества воспроизведения. Для этого громкоговоритель усилителя помещают в предназначенный для него ящик, присоединяют к усилителю граммофонный проигрыватель и оценивают качество звучания.

Воспроизведение будет естественным, если усилитель равномерно усиливает все частоты

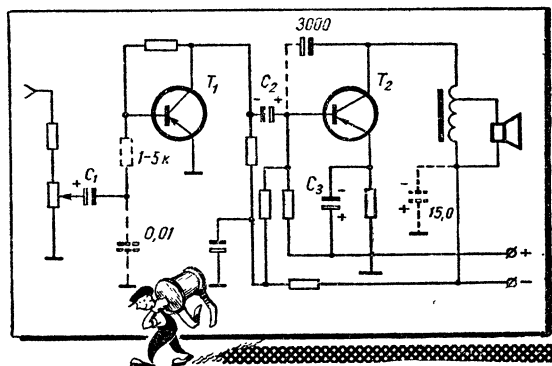


Рис. 9. Принципиальная схема транзисторного усилителя низкой частоты.

звукового диапазона. Большое влияние на качество воспроизведения оказывает правильный выбор режимов работы ламп и транзисторов, особенно напряжений смещения. При плохом воспроизведении низких частот надо увеличить (см. рис. 8) емкость переходного конденсатора  $C_4$  (или  $C_2$  на рис. 9), а также емкости конденсаторов  $C_3$  и  $C_8$  (на рис. 9 конденсатор  $C_3$ ). При плохом воспроизведении высоких частот надо уменьшить емкость конденсатора  $C_7$ , а также подобрать величины конденсатора  $C_{10}$  и резистора  $R_8$  (см. рис. 8).

Иногда работа усилителя низкой частоты, питаемого от сети переменного тока, сопровождается фоном — низким равномерным гудением. Причина появления фона — плохая фильтрация выпрямленного напряжения или наведение переменного тока в сеточных цепях ламп. Для уточнения причины появления фона надо соединить управляющую сетку выходной лампы усилителя с «землей». Если фон останется, значит плоха фильтрация выпрямленного тока и надо проверить исправность электролитических конденсаторов фильтра выпрямителя. Плохая фильтрация может быть и в результате замыкания витков в сглаживающем дросселе фильтра выпрямителя.

Если же при замыкании управляющей сетки выходной лампы на корпус фон исчезнет, то следует по возможности уменьшить длину проводов в цепях управляющих сеток ламп, экранировать их металлической оплеткой («металлическим чулком»), тщательно соединив экран с корпусом усилителя. Кроме того, надо удалить от сеточных цепей провода, несущие переменный ток промышленной частоты, например провода накала ламп, выключателя сети и т. д.

Иногда фон переменного тока возникает только во время приема радиостанции. Чтобы устранить его, надо заблокировать каждую половину повышающей обмотки силового трансформатора конденсаторами емкостью 0,01 мкф с рабочим напряжением 500 в.

Оценить работу усилителя можно, прослушав воспроизведение через него хорошей грампластинки. Однако если в распоряжении радиолюбителя имеются звуковой генератор и индикатор выхода, то можно измерить номинальную выходную мощность и снять частотную характеристику усилителя.

Номинальной выходной мощностью называется максимальная мощность, которая может быть получена на выходе усилителя при максимально допустимых искажениях выходного напряжения. Выражается она в вольт-амперах:

$$P_{\text{ном}} = \frac{U^2}{Z},$$

где  $U$  — напряжение на звуковой катушке громкоговорителя, в;

$Z$  — полное сопротивление звуковой катушки громкоговорителя, ом (с некоторым приближением  $Z$  можно заменить сопротивлением звуковой катушки постоянному току).

Схема измерения номинальной мощности показана на рис. 8. Измерение проводится на частоте 400 гц. Регулятор громкости усилителя устанавливают на максимальное усиление, и начинают увеличивать выходное напряжение звукового генератора. В момент, когда нелинейные искажения выходного напряжения усилителя сделаются максимально допустимыми, измеритель выхода укажет номинальное выходное напряжение усилителя. Подставив величину полученного напряжения в приведенную выше формулу, можно подсчитать номинальную выходную мощность усилителя при данной величине нелинейных искажений. Заметим, что для измерения нелинейных искажений существуют специальные приборы. В любительских же условиях допустимый уровень нелинейных искажений можно оценить на слух (по изменению тона 400 гц) или с помощью осциллографа (по искажению синусоиды).

Далее переходят к снятию частотной характеристики усилителя, которая позволяет судить о равномерности пропускания усилителем диапазона частот. Для этого на вход усилителя подают такое напряжение от звукового генератора (частота 400 гц), при котором выходная мощность усилителя составляет 0,25 номинальной. Регулятор громкости должен быть установлен в среднее положение, а регуляторы тембра — в положение наиболее широкой полосы пропускания. Затем, поддерживая напряжение на выходе генератора неизменным, изменяют его частоту в обе стороны от частоты 400 гц: в сторону низших частот — через каждые 50—100 гц, а в сторону высших — вначале через каждые 100 гц, после частоты 1 000 гц — через 500 гц и, наконец, после частоты 4 000 гц — через 1 000 гц. Одновременно с этим производят измерение выходного напряжения усилителя на каждой из этих частот. По полученным результатам строят частотную характеристику, принимая выходное напряжение усилителя на частоте 400 гц за единицу, т. е. по оси ординат откладывают отношение  $U_{\text{вых}}/U_{\text{вых}} 400 \text{ гц}$ , которое является показателем усиления на данной частоте по сравнению с усилением на частоте 400 гц. Частота по оси абсцисс обычно откладывается в логарифмическом масштабе.

Закончив налаживание усилителя низкой частоты, приступают к настройке других каскадов.

## НАЛАЖИВАНИЕ ПРИЕМНИКА ПРЯМОГО УСИЛЕНИЯ

**Детектор.** Перед началом налаживания надо установить режим детекторной лампы. В приемнике прямого усиления обычно применяется сеточный детектор, работающий при пониженном анодном напряжении порядка 60—120 в. Поэтому напряжение на экранирующей сетке тоже понижено и составляет  $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$  напряжения на аноде. Напряжение на катode может быть равно нулю (если лампа используется только в качестве сеточного детектора) либо составлять 0,5—1,5 в (если лампа работает и в качестве усилителя низкой частоты при воспроизведении грамзаписи).

При подгонке режима лампы можно встретиться со следующими неисправностями:

1. Отсутствует напряжение на аноде лампы: обрыв анодной цепи; сгорели резисторы анодной цепи; пробит конденсатор  $C_1$  или  $C_7$  (рис. 10).

2. Напряжение на аноде лампы очень велико и почти равно напряжению питания: обрыв в цепи катода; отсутствует напряжение на экранирующей сетке.

3. Отсутствует напряжение на экранирующей сетке: сгорел резистор  $R_7$ , пробит конденсатор  $C_9$ .

4. Напряжение на катode лампы отсутствует или чрезмерно велико: проверить катодную и сеточную цепи (резисторы  $R_1$  и  $R_9$ , конденсаторы  $C_2$ ,  $C_5$  и  $C_8$ , а также конденсатор связи с усилителем высокой частоты).

Когда режим лампы детектора установлен, переходят к регулировке обратной связи. Нормально работающая обратная связь должна

создавать увеличение чувствительности приемника, а следовательно, и громкости приема. Признаком нормальной работы обратной связи служит характерный шорох при регулировке резистора  $R_3$ , а при определенном положении ручки этого резистора — щелчок.

Перед налаживанием обратной связи надо убедиться, что детекторный каскад не самовозбуждается. Для этого замыкают катушки обратной связи  $L_1$  и  $L_2$  и, вращая ручку настройки приемника (конденсатор  $C_2$ ), проверяют, не появляется ли в каких-либо точках поддиапазонов свист, который является признаком самовозбуждения. Если самовозбуждение обнаружено, нужно увеличить сопротивление резистора  $R_6$  и емкость конденсатора  $C_7$  развязывающего фильтра, а также фильтра в анодной цепи усилителя высокой частоты. Если это не поможет, надо перемонтировать детекторный каскад, по возможности уменьшая длину сеточных цепей, применяя экранировку и т. п.

Далее следует проверить наличие генерации во всем поддиапазоне. Генерация должна возникать плавно и заканчиваться щелчком примерно при одном и том же положении ручки регулятора обратной связи (резистор  $R_3$ ) во всех точках поддиапазонов. Если генерации не возникает, то следует поменять местами концы катушек обратной связи, а если это не поможет — увеличить число витков катушки обратной связи. Следует помнить, что работа обратной связи во многом зависит от режима детекторной лампы, причем увеличение напряжения на ней ухудшает работу обратной связи.

В заключение наладки детектора оценивают его работу во время приема радиостанций. Для этого к конденсатору  $C_5$  присоединяют антенну через конденсатор емкостью 10—15 пф (на рис. 10 это показано пунктиром) и, вращая ручку настройки (конденсатор  $C_2$ ), настраиваются на хорошо слышимые радиостанции. При работе детектора с искажениями надо более тщательно подобрать режим лампы и величины резистора  $R_1$  и конденсатора  $C_5$ .

Когда детектор налажен, приступают к настройке его контуров  $L_3C_3$  и  $L_4C_4$ . Лучше всего это сделать при помощи высокочастотного сигнал-генератора. Генератор присоединяют к конденсатору  $C_5$  через конденсатор емкостью 200 пф, и настраивают на низшую частоту средневолнового диапазона, обычно 520 кГц. После этого включают модуляцию сигнал-генератора, устанавливают его выходное напряжение максимальным и настраивают на эту же частоту приемник, медленно вводя конденсатор настройки  $C_2$ . Когда приемник окажется настроенным на ча-

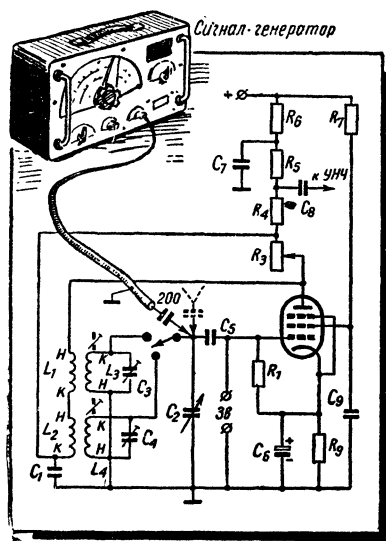


Рис. 10. Принципиальная схема сеточного детектора.

стоту сигнал-генератора, в громкоговорителе будет слышен тон модуляции частоты сигнал-генератора. По мере подстройки приемника величину выходного напряжения сигнал-генератора надо уменьшать, а усиление приемника — увеличивать. Это позволит точно настроиться на частоту сигнал-генератора.

Вместо настройки на слух можно вести настройку по вольтметру переменного тока, включив его вместо звуковой катушки громкоговорителя. При точной настройке приемника на частоту сигнал-генератора показания вольтметра будут максимальными.

Далее поступают следующим образом. Частота 520 кГц является минимальной частотой средневолнового диапазона. Однако предположим, что стрелка шкалы приемника при настройке его на эту частоту не оказалась в крайнем положении. Следовательно, надо уменьшить индуктивность катушки  $L_4$  колебательного контура детектора таким образом, чтобы приемник настраивался на частоту 520 кГц при полностью введенном конденсаторе настройки  $C_2$  (подстроечный конденсатор  $C_4$  при этом должен находиться в среднем положении). Уменьшить индуктивность катушки можно вывертыванием ее магнитного сердечника или, если его нет, уменьшением числа витков катушки.

Но может случиться, что приемник невозможно настроить на частоту сигнал-генератора даже при полностью введенном конденсаторе настройки  $C_2$ . Это означает, что настройка контура сдвинута в коротковолновую сторону диапазона. В этом случае конденсатор настройки  $C_2$  устанавливают на максимальную емкость (полностью вводят) и начинают ввертывать сердечник катушки индуктивности или добавлять витки катушки до тех пор, пока приемник не окажется настроенным на частоту сигнал-генератора.

Когда низкочастотный конец диапазона «уложен», сигнал-генератор перестраивают на максимальную частоту средневолнового диапазона, обычно на 1 600 кГц. На эту же частоту настраивают и приемник. Если при этом окажется, что приемник настраивается на эту частоту не на крайнем делении шкалы, а ранее, при неполностью выведенном конденсаторе настройки  $C_2$ , значит мала начальная емкость контура. Поэтому надо увеличить емкость подстроечного конденсатора  $C_4$  или даже включить параллельно ему конденсатор небольшой емкости 10—30 пф. Наоборот, если на частоту 1 600 кГц невозможно настроиться даже при полностью выведенном конденсаторе настройки  $C_2$ , то это означает, что начальная емкость контура велика и надо уменьшить емкость подстроечного конденсатора  $C_4$ . Таким образом, регулируя подстроечный конденсатор  $C_4$  и конденсатор настройки  $C_2$ , можно

точно «уложить» частоту 1 600 кГц на крайнее деление шкалы приемника.

Однако изменение начальной емкости контура скажется на настройке контура и в низкочастотном конце диапазона. Поэтому когда «уложен» высокочастотный конец диапазона, возвращаются к его низкочастотному концу и регулировкой положения сердечника (изменением индуктивности катушки) вновь «укладывают» частоту 520 кГц на крайнее деление шкалы приемника. Затем возвращаются к высокочастотному концу диапазона и регулировкой емкости подстроечного конденсатора «укладывают» частоту 1 600 кГц и т. д., пока диапазон не ляжет точно в пределы шкалы приемника.

Точно так же производят настройку и длинноволнового контура детектора. После этого настройку детектора можно считать законченной.

В случае, если в распоряжении радиолюбителя нет сигнал-генератора, укладку диапазонов можно произвести при приеме радиостанций, частоты которых известны. Для этого к детектору присоединяют антенну и принимают радиостанции, частоты которых расположены в начале и конце диапазона. Сравнивая их положение на шкале приемника с расчетным, соответствующим образом настраивают контуры детектора.

Очень хорошо при настройке контуров по частотам радиостанций иметь для сравнения другой приемник с градуированной шкалой. В этом случае, сравнивая положение радиостанции на шкале градуированного приемника с положением радиостанции на шкале настраиваемого приемника, легче правильно отрегулировать его контуры. Кроме того, в этом случае нет необходимости точно знать частоты радиостанций.

**Усилитель высокой частоты.** Налаживание усилителя высокой частоты начинают с подбора режима лампы или транзистора. Режим подгоняют обычным методом, а возможные при этом неисправности примерно те же, что и в детекторном каскаде. Так, при отсутствии напряжения на аноде лампы надо проверить обмотку высокочастотного дросселя  $Dp$ , а также резистор  $R_3$ ; кроме того, может быть пробит конденсатор  $C_4$  (рис. 11).

При налаживании усилителя высокой частоты можно столкнуться с его самовозбуждением. Паразитная генерация усилителя высокой частоты выражается в свистах, сильном шипении, искажении приема и т. п. Если к аноду лампы самовозбуждающегося усилителя подключить высокочастотный ламповый вольтметр, то прибор покажет напряжение порядка нескольких вольт, причем при поднесении к цепям такого усилителя отвертки стрелка вольтметра будет колебаться.

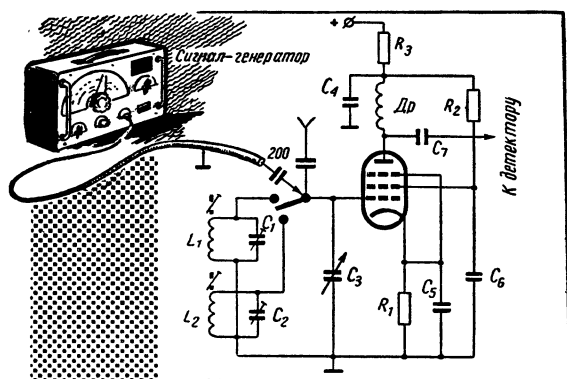


Рис. 11. Принципиальная схема усилителя высокой частоты.

Самовозбуждение возникает в результате паразитной связи между сеточной и анодной цепями лампы или между цепями разных каскадов (при многокаскадном усилителе высокой частоты). Такие связи могут появиться вследствие неудачного монтажа, когда, например, близко расположены провода сеточной и анодной цепей, которые к тому же достаточно длинны. Самовозбуждение может появиться и в результате неправильно выбранного режима лампы, особенно при малом напряжении на управляющей сетке или слишком большом напряжении на экранирующей сетке. Подгонять режим лампы надо при сорванной паразитной генерации, для чего управляющую сетку этой лампы соединяют с корпусом через конденсатор емкостью  $0,1 \text{ мкф}$ . Кроме того, самовозбуждение может вызвать индуктивная связь контурных катушек различных каскадов или связь контурных катушек с анодной цепью лампы.

Борьба с самовозбуждением заключается в рациональном монтаже, причем следует по возможности уменьшать длину проводов сеточных и анодных цепей. Нельзя располагать их близко друг к другу. Контурные катушки, если они большого диаметра, надо экранировать (катушки на ферритах и прочие малогабаритные катушки с малым полем рассеяния экранировать обычно не требуется).

Все цепи, которые являются общими для лампы усилителя высокой частоты и детектора, например анодная цепь, или для всех каскадов при многокаскадном усилителе, должны быть снабжены развязывающими фильтрами ( $R_3C_4$  на рис. 11).

Меры борьбы с самовозбуждением в транзисторном усилителе те же самые, что и в ламповом, т. е. укорочение и разнесение базовых и коллекторных цепей, экранировка контуров, включение развязывающих фильтров и т. п.

После подгонки режима и устранения самовозбуждения, если оно имелось, приступают к настройке контуров усилителя высокой частоты. Для этого к зажиму «Антенна» присоединяют выход сигнал-генератора, частоту которого устанавливают равной нижней частоте средневолнового диапазона ( $520 \text{ кГц}$ ), и настраивают на эту частоту приемник по максимальной громкости или максимальному отклонению стрелки вольтметра на выходе приемника. Затем, регулируя положение сердечника катушки  $L_2$  средневолнового диапазона, добиваются максимальной громкости или максимального отклонения стрелки вольтметра. По мере подстройки контура усилителя высокой частоты выходное напряжение сигнал-генератора надо уменьшать, чтобы не вызвать перегрузки приемника. Это позволит точнее настроить приемник и контур усилителя высокой частоты на частоту сигнал-генератора.

Если катушка не имеет сердечника, то ее индуктивность изменяют отмотыванием или домотыванием нескольких витков. Узнать, что делать с катушкой, можно следующим образом. Берут магнетитовый или какой-либо другой высокочастотный магнитный сердечник и медленно вносят его в катушку или просто сбоку подносят к виткам. Если при некотором положении сердечника будет получено хотя бы некоторое увеличение громкости, то индуктивность катушки следует увеличить, т. е. домотать некоторое количество витков, причем тем больше, чем больше было увеличение громкости. И, наоборот, если введение сердечника уменьшило громкость, нужно уменьшить индуктивность катушки, т. е. отмотать некоторое количество витков. В последнем случае следует соблюдать осторожность и не отмотывать много витков, так как уменьшение громкости при введении магнитного сердечника будет наблюдаться и в том случае, если катушка была правильно настроена. Поэтому надо отмотать несколько витков и вновь проверить настройку введением сердечника. Если при этом громкость немного увеличится, значит было отмотано излишне много витков.

Еще удобнее иметь два сердечника — магнетитовый и латунный. При введении латунного сердечника индуктивность катушки уменьшается. Поэтому если при введении этого сердечника было получено увеличение громкости, надо уменьшить число витков катушки. Правильно катушка будет настроена в том случае, если громкость будет уменьшаться при введении в катушку как магнетитового, так и латунного сердечников.

Когда низкочастотный конец диапазона настроен, переводят частоту сигнал-генератора и настройку приемника на высокочастотный конец диапазона и добиваются максимального откло-



нения стрелки вольтметра на выходе приемника (или максимальной громкости) регулировкой подстроечного конденсатора  $C_1$  контура средневолнового диапазона. После этого возвращаются к низкочастотному концу и вновь подстраивают индуктивность контура. Потом опять переходят к высокочастотному концу и подстраивают начальную емкость контура и т. д.

Когда средневолновый диапазон настроен, таким же образом настраивают и длинноволновый.

При отсутствии сигнал-генератора настройку контуров усилителя высокой частоты можно произвести во время приема радиостанций. Для этого к приемнику присоединяют антенну и настраивают его на какую-либо хорошо слышимую радиостанцию, работающую в низкочастотной части средневолнового диапазона, а затем на радиостанцию, работающую в высокочастотной части этого диапазона. Настройка контуров усилителя высокой частоты в этом случае ничем не отличается от описанной выше.

Настройку контуров детектора и усилителя высокой частоты принципиально можно начинать с любого диапазона. Однако если катушка средневолнового диапазона составляет часть катушки длинноволнового (при работе в диапазоне длинных волн катушка этого диапазона включает в себя и катушку средневолнового диапазона, рис. 12), начинать настройку надо обязательно со средневолнового диапазона, а при настройке длинноволнового не трогать подстроечный конденсатор катушки средневолнового диапазона.

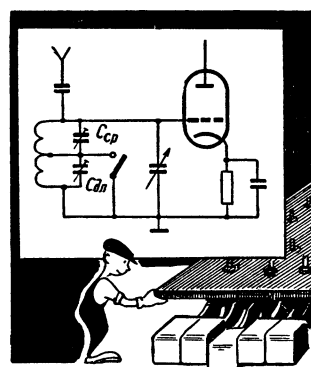


Рис. 12. Катушка средневолнового диапазона составляет часть катушки длинноволнового диапазона.

## НАЛАЖИВАНИЕ СУПЕРГЕТЕРОДИННОГО ПРИЕМНИКА

Налаживать супергетеродинный приемник значительно сложнее, чем приемник прямого усиления, особенно без применения высокочастотного сигнал-генератора. Поэтому следует приложить все усилия, чтобы достать сигнал-генератор на время налаживания. Еще лучше сделать такой генератор самому; тогда радиобительство из простого копирования превратится в увлекательное творчество. Но можно в крайнем случае настроить супергетеродинный приемник и без сигнал-генератора, хотя это значительно труднее.

Сначала, как обычно, налаживают усилитель низкой частоты, затем детектор. Систему АРУ (автоматической регулировки громкости) в начальной стадии налаживания и настройки приемника рекомендуется выключить, замкнув коротко сопротивление нагрузки АРУ.

Диодный детектор и система АРУ супергетеродинного приемника практически не требует налаживания. Все неполадки в их работе могут возникнуть только из-за неправильного монтажа, пришедшего в негодность диода или неисправных резисторов и конденсаторов.

Проверить работу диодного детектора можно при помощи сигнал-генератора. Для этого его настраивают на промежуточную частоту приемника (обычно 465 кГц), включают модуляцию и через конденсатор емкостью 200 пф подают напряжение сигнал-генератора на последний контур промежуточной частоты, подключенный к детектору. При нормальной работе детектора

в громкоговорителе приемника будет слышен тон модуляции сигнал-генератора. Выходное напряжение сигнал-генератора при этом должно быть порядка 1 в.

**Усилитель промежуточной частоты.** В начале налаживания подгоняют режим ламп и транзисторов. Этот процесс ничем не отличается от рассмотренных ранее, например, подгонки режима ламп и транзисторов усилителя высокой частоты приемника прямого усиления. Аналогичны и встречающиеся при этом неисправности. Так, отсутствие анодного напряжения на лампе может явиться результатом обрыва в анодной цепи, например в катушке  $L_3$  промежуточной частоты, замыкания конденсатора  $C_5$  (рис. 13) и т. п.

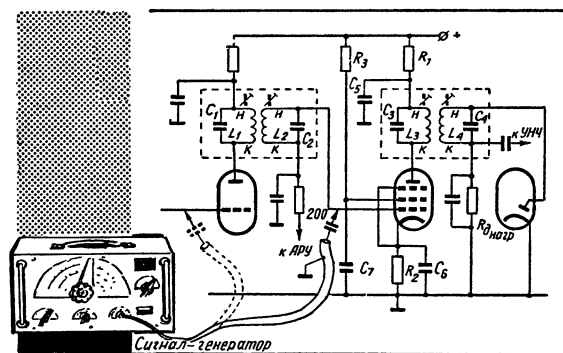


Рис. 13. Принципиальная схема усилителя промежуточной частоты.

Затем проверяют, не самовозбуждается ли усилитель. Для этого на выход усилителя низкой частоты приемника включают вольтметр переменного тока, регулятор громкости устанавливают на максимум и наблюдают за положением стрелки. Если усилитель промежуточной частоты самовозбуждается, то стрелка колеблется. Колебания могут сопровождаться свистами меняющегося тона (при подключении антенны к управляющей сетке смесительной лампы) или сильным шипением. Чтобы убедиться, что самовозбуждается именно усилитель промежуточной частоты, надо отключить усилитель низкой частоты от детектора; колебания стрелки при этом должны прекратиться. Другим индикатором наличия самовозбуждения усилителя промежуточной частоты может служить миллиамперметр, включенный между сопротивлением анодной нагрузки лампы этого усилителя и плюсом анодного питания. В транзисторном приемнике миллиамперметр следует включить между резистором коллекторной нагрузки и батареей питания. Миллиамперметр надо зашунтировать на «землю» конденсатором емкостью  $0,1 \text{ мкф}$ , включив его между шасси и выводом миллиамперметра, присоединенным к резистору нагрузки. Признаком самовозбуждения усилителя будет изменение показаний миллиамперметра при замыкании накоротко контура промежуточной частоты в цепи управляющей сетки лампы усилителя. Для обнаружения самовозбуждения можно применить и ламповый вольтметр, как об этом было сказано в разделе, посвященном налаживанию усилителя высокой частоты. Кстати, все методы обнаружения самовозбуждения в усилителе промежуточной частоты могут быть использованы и в усилителе высокой частоты.

Причины самовозбуждения усилителя промежуточной частоты те же, что и самовозбуждения усилителя высокой частоты приемника прямого усиления. Аналогичны и меры борьбы с самовозбуждением. В основном они сводятся к такому изменению монтажа, при котором будут устранены паразитные связи между различными цепями. Для этого надо разнести подальше друг от друга проводники различных цепей, в особенности анодной и сеточной, и сделать их минимальной длины. Трансформаторы промежуточной частоты должны быть заключены в хорошо «заземленные» экраны. Кроме того, надо попробовать увеличить емкость конденсаторов развязывающих фильтров, сменить лампу, поменять местами концы обмоток трансформаторов промежуточной частоты, уменьшить напряжение на экранирующей сетке лампы усилителя. Наконец, можно попробовать несколько увеличить отрицательное смещение на управляющей сетке этой лампы. Однако это крайнее средство,

так как, хотя самовозбуждение почти наверняка исчезнет, уменьшится и усиление по промежуточной частоте.

Выявить цепь, виновную в возникновении самовозбуждения, можно, прикоснувшись к этой цепи: при этом показания индикатора должны измениться. Кроме того, рекомендуется палочкой из изоляционного материала слегка изменять положение сеточных и анодных проводников, отодвигая их друг от друга и т. п., наблюдая при этом за показаниями индикатора самовозбуждения. Если показания его изменяются, это служит признаком, что данная деталь или провод участвует в цепи паразитной связи, способствуя возникновению самовозбуждения.

Далее переходят к настройке контуров промежуточной частоты. Перед началом настройки для большей точности желательно прекратить работу гетеродина приемника. Для этого можно отсоединить провод анодного питания лампы гетеродина или шунтировать контур гетеродина конденсатором большой емкости. Если настраиваемый приемник всеволновый, то вместо этого можно поставить переключатель диапазонов в положение «длинные волны», а конденсатор настройки — в положение максимальной емкости, т. е. настроиться на минимальную частоту длинноволнового диапазона.

Далее частоту сигнал-генератора устанавливают равной промежуточной частоте приемника, включают модуляцию и через конденсатор емкостью  $200 \text{ нф}$  подают напряжение сигнал-генератора на управляющую сетку лампы усилителя промежуточной частоты или базу транзистора. Заметим, что если усилитель многокаскадный, то напряжение сигнал-генератора следует подавать на вход последнего каскада. После этого начинают увеличивать выходное напряжение сигнал-генератора до тех пор, пока в громкоговорителе приемника не будет услышан тон модуляции или вольтметр постоянного тока, включенный параллельно нагрузке детектора, даст хорошо заметное отклонение. В последнем случае частота сигнал-генератора может быть не модулирована. Если же настройка ведется по максимальной громкости в громкоговорителе приемника, то регулятор громкости усилителя низкой частоты должен быть в положении максимального усиления. Отметим также, что при настройке транзисторного приемника выходное напряжение сигнал-генератора, подаваемое на базы транзисторов, не должно быть больше нескольких милливольт, иначе транзисторы могут выйти из строя.

Теперь настраивают последний контур промежуточной частоты  $L_4C_4$ , присоединенный к детектору, на максимум громкости или максимум отклонения стрелки вольтметра. Для этого вра-

щают высокочастотный сердечник катушки этого контура и следят за показаниями индикатора. Если, например, ввертывание сердечника вызывает уменьшение громкости, то сердечник надо вращать в другую сторону. Правильная настройка контура будет в том случае, когда вращение сердечника в обе стороны от некоторого положения будет вызывать уменьшение показаний индикатора или громкости.

В процессе настройки контура промежуточной частоты можно столкнуться с таким явлением, что громкость тона модуляции будет продолжаться увеличиваться до полного, например, вывертывания сердечника. Это означает, что велика индуктивность катушки  $L_4$  настраиваемого контура. В этом случае надо уменьшить емкость конденсатора  $C_4$ , включенного параллельно катушке  $L_4$ , а еще лучше отмотать некоторое количество витков катушки. И, наоборот, если громкость тона модуляции продолжает увеличиваться до полного ввертывания сердечника, то надо либо несколько увеличить емкость конденсатора  $C_4$ , либо добавить витки в катушке  $L_4$ .

При настройке контуров надо следить за уровнем выходного напряжения сигнал-генератора, уменьшая его по мере подстройки контуров до такого значения, при котором громкость тона модуляции не будет большой. В противном случае в приемнике возникнут искажения и точная настройка контура будет невозможна.

Когда контур  $L_4C_4$  промежуточной частоты настроен, переходят к настройке контура  $L_3C_3$ , включенного в анодную цепь усилителя. Настройка его ничем не отличается от настройки предыдущего.

Изменение параметров контура  $L_3C_4$  (изменение индуктивности катушки, емкости контура и т. п.) вызывает некоторую расстройку контура  $L_4C_4$ , поэтому после настройки на промежуточную частоту контура  $L_3C_3$  надо произвести подстройку контура  $L_4C_4$ , а затем вновь подстроить контур  $L_3C_3$  и так до тех пор, пока оба контура не будут точно настроены на промежуточную частоту.

Если в налаживаемом приемнике применяются заводские трансформаторы промежуточной частоты, то на этом настройку трансформатора  $L_3C_3 — L_4C_4$  можно считать законченной. Если же трансформаторы промежуточной частоты самодельные, то после настройки контуров на промежуточную частоту надо подобрать наилучшую связь между катушками  $L_3$  и  $L_4$ . Для этого изменяют частоту сигнал-генератора в небольших пределах около номинального значения промежуточной частоты и следят за показаниями индикатора настройки. Если показания индикатора или громкость тона модуля-

ции будут только уменьшаться, то несколько сближают катушки и вновь подстраивают контуры  $L_3C_3$  и  $L_4C_4$  в резонанс с промежуточной частотой. Напряжение на выходе приемника при этом должно увеличиться. После этого опять изменяют в некоторых пределах частоту сигнал-генератора, следя за показаниями индикатора настройки. Если его показания опять только уменьшаются, то вновь несколько сближают катушки и т. д. Если же при изменении частоты сигнал-генератора индикатор на выходе приемника или детектора отмечает два максимума: один — на частоте, несколько большей, а другой — на частоте, несколько меньшей промежуточной, то это означает, что связь между катушками  $L_3$  и  $L_4$  стала больше критической. В этом случае надо несколько увеличить расстояние между катушками (уменьшить связь между ними), подстроить контуры в резонанс с промежуточной частотой и вновь проверить форму резонансной кривой: она должна иметь один хорошо выраженный максимум на промежуточной частоте.

Когда трансформатор промежуточной частоты  $L_3C_3 — L_4C_4$  окончательно настроен, выходное напряжение сигнал-генератора подают на управляющую сетку предыдущего каскада усилителя промежуточной частоты, а если усилитель однокаскадный, — на управляющую сетку смесительной части лампы преобразователя (или на базу транзистора смесительного каскада). Настройку трансформатора промежуточной частоты  $L_1C_1 — L_2C_2$  начинают с контура  $L_2C_2$ , а после его настройки переходят к контуру  $L_1C_1$ . Процесс настройки аналогичен настройке трансформатора  $L_3C_3 — L_4C_4$ .

В супергетеродинных приемниках часто применяют оптический индикатор настройки, так называемый «глазок». Этот «глазок» очень удобен в качестве индикатора вместо громкоговорителя или вольтметра на выходе приемника. Настройке контура в резонанс с промежуточной частотой будет соответствовать максимальное сужение темного сектора — максимальное схождение светлых краев экрана. Когда эти края окончательно сойдутся, надо будет уменьшить выходное напряжение сигнал-генератора, чтобы светлые края несколько разошлись, и продолжать настройку.

**Преобразователь.** Преобразователь супергетеродинного приемника может работать либо на одной, либо на двух лампах или транзисторах. В первом случае одна и та же лампа или транзистор работает в схеме гетеродина и смесителя, во втором — эти функции выполняются отдельными лампами или транзисторами. Методика налаживания преобразователя в обоих случаях одинакова.

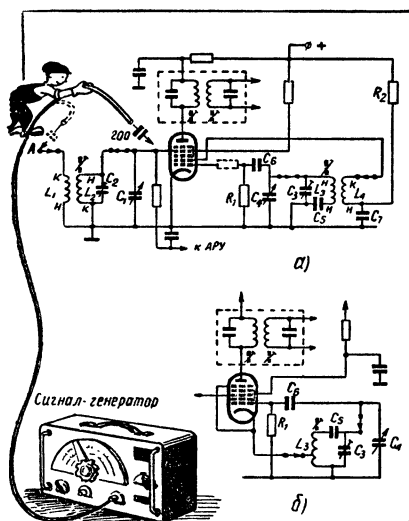


Рис. 14. Принципиальные схемы преобразователей частоты.

Налаживание начинают с гетеродина. В радиовещательных приемниках применяют две схемы гетеродина: с индуктивной обратной связью (рис. 14, а) и трехточечную (рис. 14, б).

Начнем с первой схемы. Прежде всего подгоняют режим и проверяют наличие генерации. В качестве индикатора генерации используют миллиамперметр, включив его между резистором  $R_2$  и плюсом анодного напряжения. Если гетеродин генерирует, то прикосание металлической отвертки к управляющей сетке гетеродинной части лампы или конденсатору  $C_6$  приведет к резкому изменению показаний миллиамперметра. При отсутствии генерации надо тщательно проверить монтажную схему гетеродина, убедиться в отсутствии обрывов и замыканий в катушках и проверить конденсаторы. Особое внимание надо обратить на включение катушки обратной связи: если катушки  $L_3$  и  $L_4$  намотаны в одну сторону, то к управляющей сетке лампы и аноду гетеродинной части лампы должны подключаться разные концы (рис. 14, а).

Если схема гетеродина собрана правильно (лампа гетеродина заведомо исправна и режим ее нормальный), а генерации все же нет, надо несколько повысить напряжение на аноде гетеродина, т. е. уменьшить сопротивление резистора  $R_2$ . Если это не даст результата, надо увеличить обратную связь, приблизив катушку  $L_4$  к катушке  $L_3$ , или даже увеличить число витков катушки  $L_4$ . Однако это надо делать осторожно, так как сильная обратная связь вредна.

Когда генерация получена, проверяют ее устойчивость в пределах диапазона и наличие ее на всех диапазонах. Для этого вращают конденсатор настройки и следят за показаниями

миллиамперметра: они должны изменяться плавно и в небольших пределах, нигде не доходя до срыва (резкое изменение показаний). Если срывы существуют, их устраняют незначительным увеличением анодного напряжения гетеродина или очень незначительным увеличением обратной связи.

Если на высокочастотных концах диапазонов возникает прерывистая генерация («капание»), то ее устраняют уменьшением сопротивления резистора  $R_1$  или емкости конденсатора  $C_6$ . При слишком большой генерации, выражающейся в резком изменении показаний миллиамперметра, надо уменьшить обратную связь, а также уменьшить величину сопротивления резистора  $R_1$  и подобрать значение емкости конденсатора  $C_6$ .

В гетеродине может возникнуть и паразитная генерация, т. е. колебания на частоте, отличной от основной частоты. Признаком такой генерации являются резкие изменения показаний миллиамперметра на небольшом участке диапазона. Чтобы устранить такую генерацию, включают в цепь управляющей сетки лампы гетеродина небольшой проволочный резистор (на рис. 14, а он показан пунктиром), причем подбирают наименьшую его величину, необходимую для срыва паразитной генерации. Во всяком случае величина его сопротивления не должна быть больше 500—600 ом, иначе амплитуда колебаний гетеродина сильно уменьшится. Если потребуется большая величина сопротивления, то лучше подобрать другую лампу или перемотировать блок преобразователя.

В трехточечной схеме гетеродина (рис. 14, б) для получения устойчивой генерации требуется очень тщательный подбор числа витков отвода катушки контура — величины обратной связи. Ориентировочно это число должно составлять 8—10% числа витков, считая от заземленного конца катушки. Окончательный подбор числа витков отвода надо производить уже на работающем приемнике.

Проверить исправность гетеродина в транзисторном приемнике сложнее, чем в ламповом, так как амплитуда колебаний транзисторного гетеродина очень невелика. Измерить напряжение генерации можно ламповым вольтметром на эмиттере транзистора смесительного каскада. Напряжение генерации по отношению к общему напряжению составляет 0,05—0,1 в в диапазоне длинных и средних волн. Если в распоряжении радиолюбителя нет достаточно чувствительного измерительного прибора, то нужно попытаться принять сигнал гетеродина на любой радиовещательный приемник. Если это не удастся, то следует предположить, что гетеродин не генерирует, и надо перепробовать все те меры, которые

рекомендовались для лампового гетеродина: перемена концов катушки обратной связи, увеличение числа витков этой катушки и пр. Заметим, что если гетеродин работает нормально, то его сигнал, принятый на радиовещательный приемник, не должен иметь паразитной модуляции: при расстройке вспомогательного приемника в обе стороны от частоты гетеродина не должны прослушиваться свисты и дополнительные сигналы. В случае возникновения генерации на частотах, близких к промежуточной, следует постепенно уменьшать ток коллектора преобразователя до устранения самовозбуждения на промежуточной частоте. При прерывистой генерации в начале какого-либо диапазона следует уменьшить число витков катушки обратной связи. Если эта мера окажется недостаточной, то можно последовательно с катушкой связи включить в цепь эмиттера резистор с сопротивлением 27—51 ом.

Когда гетеродин налажен, т. е. получена устойчивая генерация на всех поддиапазонах, переходят к смесительной части преобразователя. Практически налаживание смесителя преобразователя сводится к проверке монтажа и устранению изредка возникающей паразитной генерации, причем методы борьбы с паразитной генерацией те же, что и в усилителях высокой и промежуточной частоты.

Далее переходят к настройке контуров гетеродина. Чтобы приемник принимал данную радиостанцию, частота его гетеродина должна на 465 кГц (обычное значение промежуточной частоты) превышать частоту этой радиостанции. Только в этом случае частота радиостанции будет образовывать с частотой гетеродина приемника биения, частота которых равна промежуточной частоте приемника, и эти биения смогут пройти через усилитель промежуточной частоты. Поэтому, если приемник предназначен для работы на коротких волнах, например в диапазоне 4—12 МГц, то частота гетеродина должна изменяться соответственно в диапазоне 4,465—12,465 МГц. Правда, биения с промежуточной частотой получаются и в том случае, если частота гетеродина приемника на 465 кГц ниже частоты принимаемой радиостанции, но на практике такая настройка гетеродина встречается редко; обычно частота гетеродина выше частоты принимаемого сигнала.

Настройку контура гетеродина начинают с низкочастотного конца поддиапазона. Для этого конденсатор настройки переводят в положение максимальной емкости, а подстроечный конденсатор  $C_3$ , присоединенный параллельно катушке контура гетеродина, — в среднее положение. Частоту сигнал-генератора устанавливают равной минимальной частоте данного диапазона

и выход сигнал-генератора через конденсатор емкостью 200 пФ присоединяют к управляющей сетке смесительной части лампы преобразователя. Частота сигнал-генератора должна быть модулирована.

После этого вращением сердечника катушки индуктивности контура гетеродина добиваются максимальной громкости тона модуляции в громкоговорителе приемника или максимального отклонения стрелки вольтметра на выходе приемника. Настройку можно вести и по оптическому индикатору, добиваясь максимального сужения теневого сектора. При этом по мере подстройки контура гетеродина амплитуду выходного напряжения сигнал-генератора надо уменьшать, чтобы громкость на выходе приемника не была слишком большой. Если громкость будет продолжать увеличиваться до полного ввертывания сердечника, это означает, что индуктивность контура гетеродина мала для настройки на данную частоту. В этом случае надо домотать несколько витков. Соответственно, если громкость увеличивается до полного вывертывания сердечника, надо несколько уменьшить индуктивность катушки контура гетеродина.

Если индуктивность катушки контура гетеродина значительно отличается от требуемой, тон модуляции не будет услышан, как при полностью ввернутом, так и при полностью вывернутом сердечнике. В этом случае надо определить, велика или мала индуктивность катушки контура. Для этого изменяют частоту сигнал-генератора в обе стороны от частоты, соответствующей крайней частоте поддиапазона. Предположим, что тон модуляции оказался услышанным при увеличении частоты сигнал-генератора. Это означает, что индуктивность контура гетеродина мала для настройки контура на нужную частоту при максимальной емкости конденсатора настройки. Поэтому надо увеличить число витков катушки. И, наоборот, если настройка оказалась возможной при уменьшении частоты сигнал-генератора, то надо уменьшить число витков катушки.

Когда низкочастотный конец диапазона настроен, переходят к высокочастотному, установив конденсатор настройки приемника в положение минимальной емкости. Сигнал-генератор настраивают на высшую частоту данного диапазона, и регулировкой подстроечного конденсатора  $C_3$  (рис. 14), включенного параллельно катушке  $L_3$  индуктивности контура гетеродина, добиваются максимальной громкости на выходе приемника. При этом может случиться, что регулировкой подстроечного конденсатора не удастся точно настроиться на нужную частоту. Например, громкость на выходе приемника продолжает увеличиваться с увеличением емкости под-

строечного конденсатора. В этом случае надо увеличить начальную емкость контура гетеродина, присоединив параллельно подстроечному конденсатору  $C_3$  конденсатор постоянной емкости 10—15  $n\phi$ , и регулировать подстроечный конденсатор  $C_3$  до получения хорошо выраженного максимума громкости.

Однако изменение начальной емкости контура гетеродина (даже только вследствие регулировки подстроечного конденсатора) отразится на настройке низкочастотного конца диапазона. Поэтому возвращаются к низкочастотному концу и производят его подстройку вращением сердечника катушки, а если его нет, то каким-либо другим образом изменяют индуктивность катушки: сдвигают или раздвигают витки, изменяют положение регулировочной секции витков, сматывают или доматывают витки катушки. Затем вновь возвращаются к высокочастотному концу диапазона и т. д. до полной укладки частоты гетеродина в нужный диапазон.

Таким же порядком настраивают контуры гетеродина на всех диапазонах. При настройке коротковолнового диапазона, особенно его высокочастотного конца, надо иметь в виду, что возможны два максимума громкости при регулировке контура гетеродина: основной — при частоте гетеродина на 465  $кГц$  выше частоты сигнал-генератора и зеркальный — при частоте гетеродина на 465  $кГц$  ниже частоты сигнал-генератора. Для проверки правильности настройки частоты гетеродина надо уменьшить частоту сигнал-генератора на 930  $кГц$  (на удвоенную промежуточную частоту). Если при этом тон модуляции сигнал-генератора не будет слышен в громкоговорителе, значит гетеродин приемника настроен правильно, т. е. его частота выше частоты сигнал-генератора. Если же в громкоговорителе приемника будет слышен тон модуляции, значит частота гетеродина ниже частоты сигнал-генератора. В этом случае надо перестроить контур гетеродина, уменьшая емкость подстроечного конденсатора  $C_3$ .

После настройки контуров гетеродина переходят к настройке контуров в цепи управляющей сетки смесительной части лампы преобразователя (если в приемнике нет усилителя высокой частоты, эти контуры называются входными), или, как говорят, к сопряжению контуров. Для этого блок конденсаторов настройки приемника устанавливают в положение, при котором его емкость несколько меньше максимальной (стрелка указателя шкалы отстоит на 10—15% от крайнего положения, соответствующего минимальной частоте этого диапазона). Затем на эту частоту настраивают модулированный сигнал-генератор, подавая его напряжение на зажим ан-

тенны приемника через конденсатор емкостью 200  $n\phi$ , на коротковолновом диапазоне — через непроволочный резистор 300  $ом$ . Далее тщательно настраивают приемник на частоту сигнал-генератора по максимальной громкости тона модуляции в громкоговорителе.

Подстроечный конденсатор  $C_2$  (рис. 14, а) входного контура данного диапазона устанавливают в среднее положение, и вращением сердечника катушки  $L_2$  настраивают входной контур приемника на максимальную громкость. Если вращением сердечника не удается настроиться на максимум громкости, то необходимо соответствующим образом изменить индуктивность катушки, аналогично тому как это делалось при настройке гетеродинного контура или контура усилителя высокой частоты приемника прямого усиления.

Далее переходят к высокочастотной части диапазона, отступив на 10—15% шкалы от края диапазона. Эту часть диапазона настраивают регулировкой емкости подстроечного конденсатора  $C_2$  опять аналогично настройке гетеродинного контура. Затем вновь возвращаются к низкочастотной части диапазона, потом опять — к высокочастотной и т. д. до полного сопряжения настройки входного контура с контуром гетеродина, т. е. до получения максимальной громкости в обеих точках диапазона.

После этого надо проверить качество сопряжения. Для этого сигнал-генератор настраивают на среднюю частоту диапазона и на его частоту настраивают приемник по максимальной громкости тона модуляции в громкоговорителе. Если сопряжение хорошее, то при настройке на среднюю частоту любое изменение настройки входного контура будет вызывать уменьшение громкости тона модуляции на выходе приемника. Проверить это можно, поднося к катушке  $L_2$  входного контура магнетитовый или другой высокочастотный магнитный или латунный сердечник. Если увеличение индуктивности катушки (при поднесении магнетитового сердечника) и уменьшение ее (при поднесении латунного сердечника) вызывают только уменьшение громкости, то настройку входного контура на данном диапазоне можно считать законченной. Если же будет получено значительное увеличение громкости, индуктивность катушки контура гетеродина на этом диапазоне выбрана неверно и ее нужно изменить. Однако прежде надо убедиться, что в средней части диапазона вообще отсутствует сопряжение. Необходимо это потому, что сопряжение настроек входного и гетеродинного контуров может быть лишь в трех точках диапазона: в начале, в конце и в середине. Поэтому надо проверить, нет ли сопряжения на других частотах средней части диапазона.

Если окажется, что сопряжение в средней части диапазона отсутствует, то определяют, надо ли уменьшить или увеличить индуктивность катушки  $L_3$  контура гетеродина. Для этого подносят к катушке входного контура магнитовый и латунный сердечник и наблюдают за изменением громкости на выходе приемника. Затем соответствующим образом изменяют индуктивность контура гетеродина и повторяют весь процесс настройки: укладывают диапазон частот гетеродина, настраивают входной контур и проверяют качество сопряжения по средней частоте.

Если индуктивность катушки контура гетеродина пришлось изменить значительно, то получить нужные границы диапазона при настройке контура гетеродина не удастся. В этом случае надо подобрать емкость сопрягающего конденсатора  $C_5$  (рис. 14, а), включенного последовательно с катушкой, причем если индуктивность катушки  $L_3$  увеличится, то емкость сопрягающего конденсатора надо будет уменьшить, и наоборот.

Аналогичным образом настраивают и остальные диапазоны приемника.

При настройке входного контура диапазона коротких волн часто достаточно настроить только его высокочастотный конец регулировкой емкости подстроечного конденсатора  $C_2$ , но при условии, что индуктивность входного контура выбрана правильно. Объясняется это тем, что полоса пропускания контура на коротких волнах велика, и поэтому даже значительная неточность сопряжения настроек практически не уменьшает чувствительности приемника.

При настройке коротковолнового диапазона может встретиться и другая трудность. Дело в том, что настройка входного контура через паразитные емкостные связи влияет на настройку гетеродинного контура. Особенно это проявляется на коротких волнах. Поэтому часто при настройке входного контура диапазона коротких волн приходится подстраивать и гетеродинный контур, а после настройки входного контура проверять укладку диапазона частот гетеродина.

Напомним, что при настройке диапазона коротких волн напряжение от сигнал-генератора надо подавать через непроволочный резистор 300 ом.

**Усилитель высокой частоты.** Налаживание этого усилителя ничем не отличается от налаживания такого же усилителя приемника прямого усиления, а настройка его контуров — от настройки контуров в цепи управляющей сетки смесительной части лампы преобразователя.

При наличии в приемнике усилителя высокой частоты напряжение сигнал-генератора вначале подают на управляющую сетку лампы этого усилителя и настраивают контуры в цепи управляющей сетки смесительной части лампы преобразователя, а затем напряжение сигнал-генератора подают на зажим «Антенна» приемника и настраивают входные контуры в цепи управляющей сетки лампы усилителя высокой частоты.

**Антенный фильтр.** На вход супергетеродинного приемника часто включают специальный фильтр, предназначенный для защиты приемника от сигналов с частотой, равной промежуточной частоте этого приемника. Налаживание такого фильтра заключается в настройке его на промежуточную частоту приемника. Для этого модулированное напряжение сигнал-генератора с частотой, равной промежуточной, через конденсатор емкостью 200 пф подают на зажим «Антенна» приемника. Приемник настраивают на частоту, наиболее близкую к промежуточной, т. е. или на максимальную частоту длинноволнового, или на минимальную частоту средневолнового диапазона. Регулятор громкости приемника устанавливают на максимальное усиление, а уровень выходного напряжения сигнал-генератора регулируют таким образом, чтобы тон модуляции сигнал-генератора был достаточно хорошо слышен в громкоговорителе приемника. После этого вращением сердечника катушки индуктивности антенного фильтра приемника добиваются минимальной громкости тона модуляции.

## НАСТРОЙКА СУПЕРГЕТЕРОДИННОГО ПРИЕМНИКА БЕЗ СИГНАЛ-ГЕНЕРАТОРА

Принципиально метод настройки супергетеродинного приемника без помощи сигнал-генератора не отличается от описанного выше метода настройки. Порядок налаживания и приемы настройки контуров остаются прежними. Отличие заключается в том, что при отсутствии сигнал-генератора у радиолюбителя нет градуированного источника частоты. Поэтому настройку

приемника приходится вести во время приема радиостанций. Это очень затрудняет настройку, удлинняет ее и редко позволяет настроить приемник так же хорошо, как при наличии сигнал-генератора. Но все же настроить приемник можно, а если не торопиться и тщательно соблюдать рекомендуемые правила налаживания, то можно получить и неплохие результаты.



Очень большую помощь при настройке приемника без сигнал-генератора окажет хорошо работающий другой супергетеродинный приемник, желательно с точно градуированной шкалой.

Как обычно, настройку начинают с контуров промежуточной частоты. Следует заметить, что настройка этих контуров значительно облегчится, если в приемнике применены заводские трансформаторы промежуточной частоты. Так как источник промежуточной частоты отсутствует, то эту частоту надо получить в самом приемнике. Для этого надо принять какую-либо радиостанцию. Ее частота образует биения с частотой гетеродина приемника, и если частота этих биений будет близка к промежуточной, то они пройдут через усилитель промежуточной частоты и радиостанция будет услышана в громкоговорителе. Но для приема радиостанции должны работать все каскады приемника, включая гетеродин и смеситель. Поэтому перед настройкой контуров промежуточной частоты надо добиться устойчивой работы гетеродина, как об этом было рассказано выше.

Принять радиостанцию на ненастроенный приемник чаще всего удастся на коротковолновом диапазоне, так как на этом диапазоне меньше всего сказывается расстройка входных контуров по отношению к контурам гетеродина. Подстроенные сердечники контуров промежуточной частоты при этом должны быть установлены в среднее положение.

Когда радиостанция принята, вращением сердечника последнего контура промежуточной частоты  $L_4C_4$  (см. рис. 13) добиваются максимальной громкости приема, причем процесс настройки ничем не отличается от настройки этого же контура с применением сигнал-генератора. По мере настройки контура надо уменьшать громкость, а также амплитуду сигнала радиостанции на входе приемника, для чего антенну присоединяют к входу приемника через конденсатор емкостью 20—50  $n\phi$ , которую по мере настройки уменьшают.

После настройки контура  $L_4C_4$  переходят к настройке контура  $L_2C_2$  в цепи управляющей сетки лампы усилителя промежуточной частоты, а затем контура  $L_1C_1$  в анодной цепи лампы преобразователя. Когда все контуры настроены, налаживание усилителя промежуточной частоты можно считать законченным.

При очень сильной расстройке контуров промежуточной частоты приема радиостанции может не получиться. В этом случае надо исключить из схемы приемника усилитель промежуточной частоты, включив контур  $L_3C_3$  в анодную цепь лампы преобразователя вместо контура  $L_1C_1$ . Если это позволит принять радиостанцию, то надо будет настроить на максимальную гром-

кость приема контур  $L_4C_4$  в цепи детектора (не трогая анодного контура), а затем, восстановив схему, подстроить контур  $L_4C_4$ , после чего настроить сначала контур  $L_2C_2$ , а затем контур  $L_1C_1$ .

Очень большую помощь может оказать другой хорошо настроенный супергетеродинный приемник. Он не только облегчит настройку, но и даст возможность настроить контуры промежуточной частоты именно на 465  $кГц$ . В самом деле, при настройке контуров промежуточной частоты при приеме радиостанции мы настраиваем контуры не на частоту 465  $кГц$ , а на ту частоту, на которую был случайно настроен контур  $L_3C_3$  в анодной цепи лампы усилителя промежуточной частоты. На этой случайной частоте могут сказаться помехи от близкой по частоте радиостанции или комбинационных частот нескольких радиостанций и пр.

Настройка контуров промежуточной частоты при помощи другого радиоприемника с той же промежуточной частотой производится следующим образом. К приемнику-эталону подключают антенну и принимают на нем какую-либо хорошо слышимую радиостанцию, но желательно не местную, так как при приеме близко расположенной мощной радиостанции настройка приемника будет нестрой и он перегрузится. Напряжение промежуточной частоты с выхода усилителя промежуточной частоты приемника-эталона подают на управляющую сетку усилителя промежуточной частоты настраиваемого приемника. Таким образом, приемник-эталон используется при этом как источник промежуточной частоты. Далее настраивают трансформатор промежуточной частоты: сначала контур  $L_4C_4$ , потом контур  $L_3C_3$ . После этого сигнал промежуточной частоты от приемника-эталона подают на управляющую сетку смесительной части лампы преобразователя и настраивают контуры  $L_2C_2$  и  $L_1C_1$ .

После настройки контуров промежуточной частоты переходят к укладке частот гетеродина. Для этого присоединяют антенну к управляющей сетке смесительной части лампы преобразователя (чтобы исключить влияние ненастроенных входных контуров) и стараются принять радиостанции, расположенные на краях диапазонов, частоты которых известны. Сравнивая положения этих радиостанций на шкале приемника с теми положениями, в которых они должны находиться при нужном перекрытии частот гетеродина, производят соответствующую регулировку контуров гетеродина, как об этом было рассказано выше. Эти операции значительно облегчаются, если имеется приемник-эталон. В этом случае нет необходимости знать частоты радиостанций: достаточно сравнить положения их на шкале приемника-эталона с положениями на шкале настраиваемого приемника, чтобы сде-

лать заключение, как надо регулировать контур гетеродина.

После укладки частот гетеродина приступают к сопряжению входных контуров с контурами гетеродина. Антенну присоединяют к входу радиоприемника, и принимают радиостанции, расположенные ближе к краям диапазона. Процесс сопряжения ничем не отличается от описанного выше.

Настроить антенный фильтр супергетеродинового приемника без сигнал-генератора очень трудно. Можно попытаться это сделать таким образом: смонтировать антенный фильтр на небольшой панельке и включить его между выходом усилителя промежуточной частоты приемника-эталона и управляющей сеткой смесительной

части лампы преобразователя настраиваемого приемника. Приняв на приемник-эталон хорошо слышимую радиостанцию, надо так настроить фильтр вращением сердечника его катушки, чтобы слышимость этой радиостанции в громкоговорителе настраиваемого приемника была минимальной. После этого антенный фильтр укрепляют на шасси приемника в предназначенном для него месте.

Теперь остается отградуировать шкалу настройки приемника. При наличии сигнал-генератора сделать это очень просто. Если же его нет, шкалу приемника градуируют, принимая радиостанции, частоты которых известны. Можно воспользоваться и приемником-эталонном, определяя частоты радиостанций по его шкале.

## ЛИТЕРАТУРА

Гинзбург А. К., Локшин В. А., Резниковский С. Л. и др., Ремонт радиостанции, Воениздат, 1959.

Учебное пособие для курсантов училищ связи. Оно может быть также полезно для радиолюбителей и читателей, изучающих вопросы ремонта. Глава 3 книги посвящена радиомонтажным работам.

Крашенинников С. С. Как находить неисправности в приемнике, изд-во ДОСААФ, 1961.

В брошюре описана методика нахождения неисправностей в приемнике при помощи сигнал-индикатора — прибора, позволяющего проверять прохождение сигнала станции по всему тракту приемника.

Дается описание схем и конструкций трех различных вариантов сигнал-индикатора: однолампового, четырехлампового и на транзисторах.

Большов В. М., Налаживание радиоприемников, Госэнергоиздат, 1963 (Массовая радиобиблиотека).

В брошюре излагаются методика проверки, регулировки и настройки собранного радиоприемника, а также способы обнаружения и устранения наиболее часто встречающихся при этом неисправностей.

В помощь радиолюбителю, вып. 14, изд-во ДОСААФ, 1963.

В сборнике помещена статья А. Базилева «Устранение простейших неисправностей в радиоприемниках». В ней на протяжении 20 стр. рассмотрены вопросы, связанные с устранением неисправностей, которые под силу начинающим радиолюбителям, имеющим такие простые измерительные приборы, как вольтметр, амперметр и омметр.

Кроме того, в ней помещены следующие статьи: М. Балашова «Звуковой генератор на транзисторах», Б. Вишневецкого «Прибор для измерения параметров полупроводниковых приборов» и О. Финевского «Универсальный вольтметр».

Ломанович В. А., Румянцев М. М., По-

сobie для подготовки мастеров по ремонту радиоприемников, под общей редакцией Н. В. Казанского, изд-во ДОСААФ, 1964.

В книге даются краткая характеристика различных материалов и деталей, применяемых при ремонте, описание рабочих мест, инструмента и приемов работы с ним. Описаны измерительные приборы и аппаратура, используемая при испытаниях и регулировке радиоприемников. Значительное место в книге занимают главы «Неисправности радиодеталей, методы их проверки и ремонта», «Определение неисправностей в радиоприемниках» и «Регулировка и настройка приемников после ремонта».

Лабутин В. К., Книга радиомастера, изд. 3-е. переработанное и дополненное, изд-во «Энергия», 1964.

Можно сказать, что эта книга представляет собой небольшую энциклопедию ремонтника. Читатель найдет в ней важнейшие сведения по математике, черчению, электротехнике и радиотехнике, электротехническим материалам, слесарному делу и организации радиомастерской. Он подробно познакомится со всеми узлами радиоприемника как лампового, так и транзисторного, радиоизмерительной аппаратурой, может научиться монтировать, испытывать и ремонтировать радиоаппаратуру. Методической особенностью изложения являются рассмотрение теории в тесной связи с ремонтной практикой, пояснение всякого теоретического положения и формул примерами из практики.

Румянцев М., Практика налаживания любительских карманных приемников, изд-во ДОСААФ, 1965.

В книге рассказывается о проверке и налаживании различных каскадов, схемных узлов и транзисторных любительских радиоприемников в целом. Приводятся соображения по проверке и подбору транзисторов, использованию их в различных каскадах, а также по выбору и стабилизации режимов работы.





## УЛЬТРАКОРОТКИЕ ВОЛНЫ

### УКВ <sup>1</sup>

«Ультра» — слово латинское, означающее: более, сверх, а в сложных словах — находящийся за пределами, крайний.

Таким образом, ультракороткие волны — сверхкороткие волны.

Под короткими волнами принято понимать диапазон электромагнитных волн от 50 до 10 м (от 6 до 30 Мгц).

Волны длиной 10 м являются границей, за которой начинается область УКВ.

УКВ подразделяются на:

метровые волны от 10 до 1 м, или по частоте от 30 до 300 Мгц;

дециметровые волны от 100 до 10 см, или по частоте от 300 до 3 000 Мгц (от 0,3 до 3 Ггц);

сантиметровые волны от 10 до 1 см, или по частоте от 3 000 до 30 000 Мгц (от 3 до 30 Ггц);

миллиметровые волны от 10 до 1 мм (от 30 до 300 Ггц).

УКВ — своеобразные и еще неполностью изученные электромагнитные волны. Однако то, что мы уже знаем о них, позволяет говорить о больших возможностях, которые открывают УКВ для дальнейшего прогресса радиосвязи и радиовещания. А современное телевидение вообще немыслимо без ультракоротких волн.

Этот диапазон манит своими просторами.

Радиовещательный диапазон от 200 до 2 000 м охватывает полосу частот всего 1 350 кгц (1 500—150=1 350 кгц), а один лишь метровый диапазон УКВ, т. е. волны от 1 до 10 м включительно, занимает полосу частот 270 000 кгц. Ведь по мере укорочения волн частотные пределы становятся все более широкими. А чем шире частотные пределы, тем больше станций можно разместить без опасности создания взаимных помех.

Если условиться, что для каждой радиостанции нужен канал 10 кгц (а на деле он даже меньше), то в метровом диапазоне УКВ можно разместить 27 000 передатчиков, а в диапазоне от 2 000 до 200 м — всего лишь 135. «Теснота в эфире» давно уже стала помехой в развитии радиосвязи и радиовещания.

Частотный простор в области УКВ позволяет не только увеличить число радиостанций, но и совершенно по-новому вести радиовещание. Поэтому, например, радиотелефонирование по методу частотной модуляции, требующее широкой полосы частот, и передача телевидения, требующая, как мы узнаем в дальнейшем, линии связи, пропускающей очень широкую полосу частот, возможны только на волнах короче 10 м.

В диапазоне УКВ стройно развиваются такие свойства и возможности, которые на других диапазонах осуществляются только частично.

<sup>1</sup> По разным источникам.

Например, здесь имеется полная возможность излучать радиоволны в нужном направлении. Это позволяет работать столь малыми мощностями, что они показались бы в других диапазонах смехотворными. Но главное, что эти свойства УКВ как бы специально предназначены для радионавигационных целей.

Не случайно и то, что на искусственных спутниках Земли, как советских, так и американских, использовались передатчики, работающие на УКВ. Вызвано это тем, что волны УКВ не отражаются от ионизированных слоев атмосферы Земли и свободно проходят в мировое пространство.

Большое значение имеет УКВ диапазон и для радиосвязи на небольшие расстояния. В диспетчерской связи сельского хозяйства, службе скорой помощи, маневровой связи на железнодорожном транспорте, связи в пределах аэродромов и морских портов, в пожарной охране и на крупных стройках широко используются ультракороткие волны.

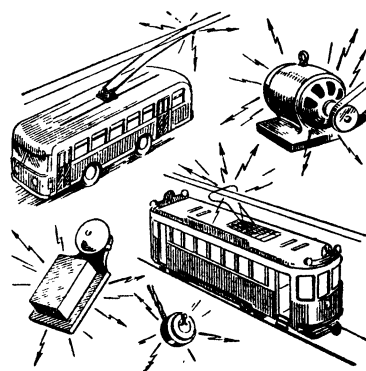
Но в первую очередь ультракороткие волны вносят новые качественные показатели в радиовещание.

Техника радиовещания еще далека от совершенства: радиоприем сопровождается сильными шумами, треском и другими помехами. Эти помехи в значительной степени устраняются при переходе на УКВ. Диапазон УКВ оказывается чистым от атмосферных помех. Конечно, нельзя утверждать, что на УКВ совсем нет помех. Основными источниками помех на УКВ оказались автомобильные двигатели, лишенные защитных электрических фильтров, некоторые системы электрических звонков и пр.

Однако все-таки число помех, их уровень значительно меньше на УКВ, чем в других диапазонах, и эти помехи можно ослабить. Это достигается применением частотной модуляции (ЧМ).

**Частотная модуляция.** «Бесшумное радио», «радио без помех» — так называли первые передатчики по методу частотной модуляции.

В чем же заключается метод частотной модуляции, почему он гарантирует от помех? Атмос-



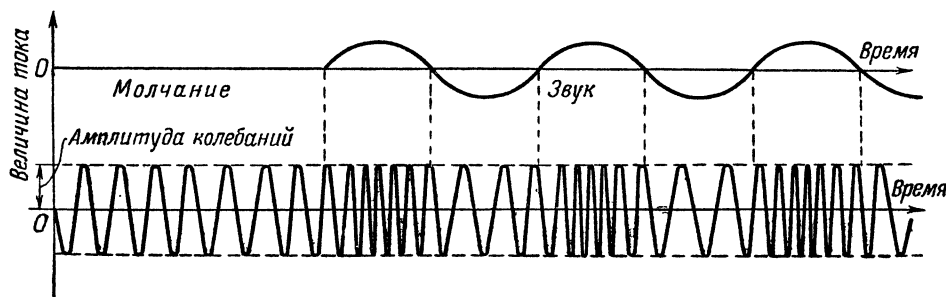
Электрические приборы и установки создают определенный уровень шумов.

ферные и промышленные помехи являются электрическими сигналами с хаотически изменяющейся амплитудой, т. е., к величайшему сожалению, амплитудно-модулированными сигналами. Метод же частотной модуляции предусматривает строгое постоянство амплитуды. Применяются специальные устройства, которые «следят» за тем, чтобы в процессе работы амплитуда высокочастотных колебаний как на выходе передатчика, так и на входе приемника не изменялась.

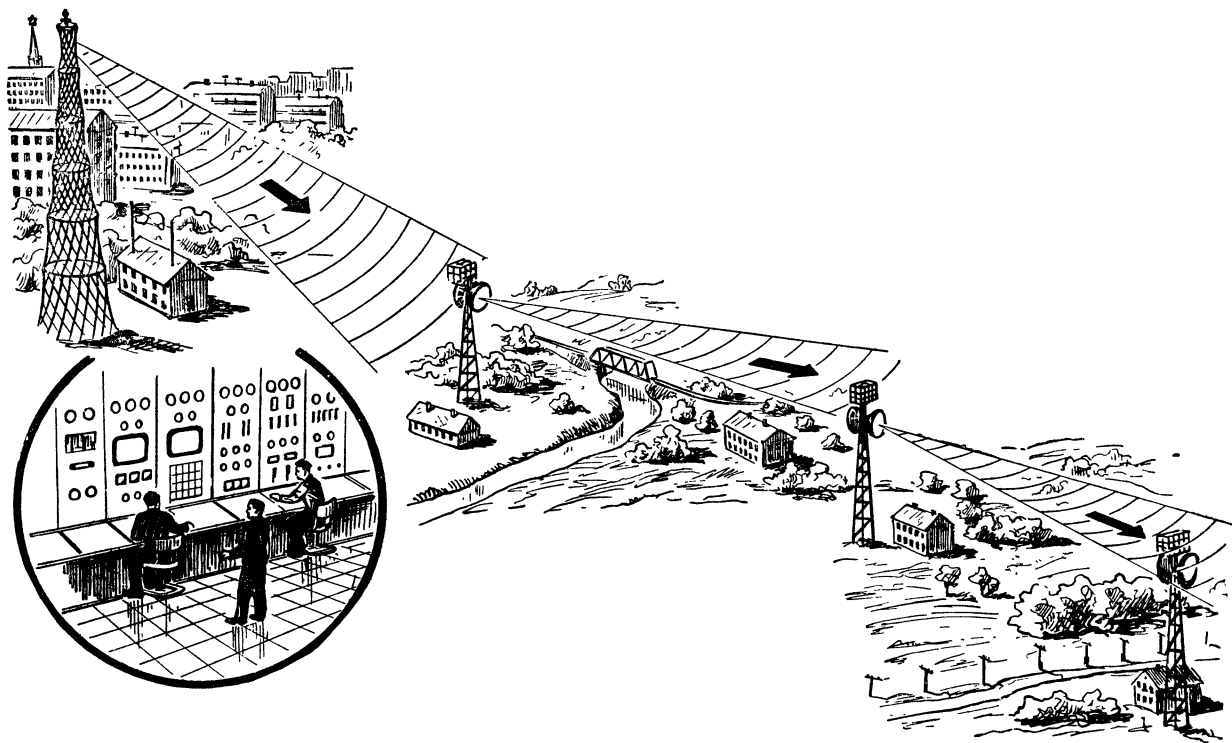
Если к приемнику частотно-модулированных колебаний поступают сигналы, модулированные по амплитуде, то такой приемник должен ответить на них (и действительно отвечает) полным молчанием. Поэтому-то атмосферные и промышленные помехи не воспроизводятся таким приемником.

Но как же передавать сообщения, могут нас спросить. К приемнику поступают сигналы совершенно одинаковой силы, с одинаковой амплитудой. Что же приведет в действие громкоговоритель?

Безусловно, если излучаемый сигнал постоянен по частоте (неизменная длина волны) и амплитуде, то никаких сообщений он с собой не принесет. А если в такт со звуковыми колебаниями (тока микрофона) менять частоту излу-



Графическое пояснение частотной модуляции.



Радиорелейная линия.

чаемых колебаний, тогда как? Удастся ли таким способом осуществить передачу?

Оказывается, вполне удастся. Именно это и составляет принцип частотной модуляции: колебания звуковой частоты модулируют не амплитуду, а частоту. В процессе такой передачи длина волны станции все время меняется, но амплитуда излучаемой волны остается неизменной.

Приемник частотно-модулированных сигналов имеет особое устройство, реагирующее лишь на изменение частоты принимаемых колебаний. Называется он частотным детектором. Это устройство превращает изменения частоты в соответствующие изменения величины электрического тока. Ток на выходе частотного детектора тем больше, чем в больших пределах изменяется частота принимаемого сигнала, чем глубже частотная модуляция. Сколько раз в секунду изменяется частота сигнала, столько же раз за это время изменяется ток на выходе детектора. Иначе говоря, после детектора получаются электрические колебания такой же формы, какие посылались из студии на радиопередающую станцию. К громкоговорителю (как и в обычном радиоприемнике) подводится ток звуковой частоты. Диффузор приводится в колебательное состояние, и мы слышим звуки.

Но в каких пределах изменять длину волны передатчика, на сколько метров (или на сколько герц, если говорить о частоте)?

Теория и в особенности практика показывают, что для осуществления высококачественного вещания изменения несущей частоты передатчика должны быть сравнительно большими: 50—75 кГц в каждую сторону от номинала несущей частоты.

По существующим нормам при амплитудной модуляции для радиовещательных станций отводится канал шириной 9 кГц. Для осуществления передачи частотно-модулированными колебаниями ширина канала увеличивается в 16—17 раз.

Во всем радиовещательном диапазоне (от 200 до 2 000 м) не хватило бы места и для десятка таких радиостанций, но в диапазоне метровых волн места для них сколько угодно. Поэтому-то ЧМ и применяется в УКВ диапазоне. Во всех радиовещательных передатчиках в диапазонах длиннее УКВ применяется амплитудная модуляция, так как она более «экономно» загружает диапазон волн, чем частотная модуляция.

Частотная модуляция широко применяется, кроме радиовещания, и в военной радиосвязи. Подавляя многочисленные помехи от систем зажигания автомашин, танков и самолетов, она тем самым увеличивает надежность радиоприема. Ультракотковолновые передатчики становятся в этом случае еще более компактными, так как от них требуется незначительная мощность.

**В пределах видимости.** Ультракоткие волны преимущественно распространяются лишь в

пределах прямой видимости наподобие лучей света и ограничены расстоянием в среднем от 70 до 120 км. Поэтому-то антенны УКВ передатчиков стараются поднять как можно выше, да и повыше стараются ставить свои антенны владельцы телевизоров, живущие за пределами городов, где расположены телецентры.

Дальность действия УКВ передатчиков мала в сравнении с обычными радиовещательными станциями. Это плохо. Но это и хорошо: на одних и тех же волнах может работать значительно большее количество радиостанций. Одна волна может быть у Москвы и Киева, у Горького и Харькова, не говоря уже о более отдаленных друг от друга городах, и мешать друг другу они не будут. УКВ радиостанции с небольшим радиусом действия могут быть значительно менее

нами или посредством вибратора с металлическим зеркалом.

Вообще по мере укорочения волн излучающие устройства все более и более напоминают оптические рефлекторы.

Преимущество направленной передачи можно иллюстрировать таким примером. На дециметровых волнах радиостанция мощностью 2 *вт* при несложной передающей антенне с остро направленным излучением может создать в приемной антенне сигнал такой же силы, как и станция мощностью 2 *квт* с круговым излучением.

Простое решение проблемы направленности на УКВ послужило одной из причин применения этих волн для радиолокации, нуждающейся в приборах резко направленного действия.

Но вернемся к радиорелейным линиям связи.

Значение радиорелейной связи уже неоднократно подчеркивалось в решениях партии и правительства.

Что же представляет собой радиорелейная линия связи? Это цепочка приемно-передающих радиостанций, работающих на дециметровых и сантиметровых волнах. В данной цепи две око-



мощными, чем радиостанции длинноволновые или средневолновые.

Дальность действия УКВ передатчика может быть расширена, если увеличить его мощность и высоту антенны. Обычно зона обслуживания такого передатчика мощностью 5—10 *квт* ограничена 100 км. При благоприятном профиле местности и достаточно высокой антенне приемника дальность может быть увеличена до 200—300 км. Но при наших пространствах этого, конечно, недостаточно. Эта проблема решается с помощью радиорелейных линий связи. Здесь играет роль еще одна особенность ультракоротких волн — направленность излучения. На дециметровых и сантиметровых волнах получается остронаправленный прием с легкими, компактными антен-

нечные радиостанции непосредственно обслуживают корреспондентов, а промежуточные предназначены для приема сигналов от предыдущей станции и автоматической передачи (ретрансляции) их на следующую станцию, как при эстафете.

Промежуточные ретрансляционные станции управляются посредством сигналов, посылаемых с одного или другого конца линии.

Так как антенны соседних станций должны находиться в пределах видимости, радиостанции устанавливаются через каждые 50—60 км и имеют мачты высотой 50—70 м.

Каждая оконечная установка имеет радиопередатчик и радиоприемник, необходимые для одновременной передачи и приема сигналов.

Передача и прием производятся на разных волнах, и передатчик поэтому не мешает работе приемника.

Каждая промежуточная установка имеет два передатчика и два приемника, служащие для ретрансляции сигналов в прямом и обратном направлениях.

Большинство станций линии — автоматические. Обслуживающий персонал имеется примерно на каждой десятой станции цепочки.

По одной такой радиорелейной линии можно одновременно вести телеграфные и фототелеграфные передачи, несколько сотен телефонных переговоров, передачу радиовещательных и телевизионных программ. Радиорелейные линии позволяют в дальнейшем соединить телефонные сети крупных городов в единую телефонную сеть.

Занимая промежуточное положение между радиосвязью и связью по проводам, радиорелейные линии связи значительно экономичнее проводной связи. Они не требуют большого количества металла, идущего на провода, и обеспечивают значительно большую скорость постройки линии при меньшей затрате сил и средств, чем на проводную кабельную линию.

Следует отметить, что все последние достижения радиоэлектроники связаны с применением ультракоротких волн: телевидение, радиолокация, радиоуправление космическими ракетами, радиоастрономия. Но в последнее время кое-что новое открылось и в самих ультракоротких волнах.

Выяснилось, что УКВ могут распространяться не только в пределах прямой видимости.

В распространении УКВ существенную роль играет явление рефракции, т. е. искривления пути радиоволн в результате неоднородности атмосферы. Радиоволны в этом случае распространяются не по прямым линиям и изгибаются, как бы огибая земную поверхность. За счет некоторого огибания земной поверхности ультракороткими волнами в последние годы удалось вести дальний прием телевидения на расстоянии до 200—300 км.

Отдельным радиолюбителям удавалось вести и сверхдальний прием на расстоянии от 1 000 до 5 000 км. Этот прием нерегулярен и иногда невысокого качества, но он привлекает все боль-

шее и большее число любителей сверхдального приема телевидения. Установлено, что распространение ультракоротких волн на большие расстояния происходит за счет определенных слоев ионосферы. В периоды солнечной активности возможности сверхдального приема улучшаются.

«Укависты». В семье советских коротковолновиков наиболее многочисленным и молодежным в своей массе становится отряд ультракоротковолновиков, или, как их сокращенно называют, «укавистов». Это объясняется тем, что работа на ультракоротких волнах вполне доступна для начинающих радиолюбителей.

Для любительской связи на УКВ не обязательно знание телеграфной азбуки (связи ведутся микрофоном). Разрешение на собственный передатчик можно получить, начиная с 16 лет, а быть оператором школьной УКВ радиостанции можно с 14 лет.

Для работы на УКВ любителям выделены три диапазона: 28—29,7 МГц (10-метровый), 144—146 МГц (2-метровый) и 430—440 МГц (70-сантиметровый). Из этих диапазонов наиболее любопытен 10-метровый. На нем можно вести дальние и местные связи. Любительские УКВ передатчики и приемники обладают небольшим весом, малыми размерами, портативностью. На УКВ можно применять совсем миниатюрные радиостанции. Представьте себе небольшую коробочку весом 100 г — такая радиостанция может обеспечить связь в пределах километра.



Львовские радиолюбители во время «Полевого дня». Операторы: Евгений Стащук (слева) и Игорь Курило (справа); в центре — капитан команды Василий Стащук.





На старте первенства СССР по «охоте на лис». Впереди — чемпион Европы по «охоте на лис» Анатолий Гречихин.

Возможности, открываемые для любительской работы на УКВ, многообразны и увлекательны. Здесь и интересная конструкторская работа, и заманчивые перспективы дальних связей, а наряду с этим возможности использования своей радиостанции как своеобразного телефона для связи с соседями на одной и той же улице и с друзьями на другом конце города.

Конечно, самое интересное — это участие в соревнованиях, возможности получения спортивных разрядов вплоть до мастера спорта.

Большой популярностью пользуются теперь соревнования «Полевой день». Этот день укависты проводят в поле, на горах и в лесах, совмещая отдых на лоне природы с любимым спортом. Устанавливая свои маломощные станции в горах и в местностях, где почти нет помех, радиоспортсмены добиваются в этот день интересных результатов, особенно по дальним связям.

В последние годы у нас в СССР и в европейских странах получило широкое распространение соревнование «Охота на лис».

Охота на лис — это поиск маломощных коротковолновых или УКВ радиостанций, хорошо замаскированных в лесу, в горах или населен-

ных пунктах. В качестве «охотников» в этих соревнованиях выступают радиоспортсмены, оснащенные радиопеленгаторами (приемниками с антеннами направленного действия).

«Лисы» (их обычно бывает четыре) располагаются в лесу на расстоянии 3—3,5 км друг от друга.

Каждая «лиса» передает свой сигнал («Я лиса первая, вторая и т. д.») в течение 1 мин, а четыре молчит. Таким образом, в пятиминутный цикл первую минуту работает первая «лиса», вторую — вторая, третью — третья, четвертую — четвертая «лиса»; последняя, пятая, минута цикла — минута молчания.

Поиск радиостанций может быть и последовательным: вначале должна быть найдена первая «лиса», затем вторая и т. д., а чаще всего теперь применяется поиск свободный, в любом порядке «лис», что несколько сложнее, так как требует от «охотника» хорошего умения читать карту, быстро ориентироваться на местности.

«Охота» ведется обычно группами, по 3—5 спортсменов, каждая из которых стартует через 5 мин, т. е. в каждый цикл работы «лис».

Выигрывает тот, кто обнаружил «лис» в наиболее короткий срок.

Каждый «охотник» — это прежде всего выносливый бегун по пересеченной местности. Но одновременно это и радиолюбитель-конструктор, создающий компактную и легкую аппаратуру. Здесь идет соревнование в создании малогабаритной аппаратуры, обладающей наиболее высокой чувствительностью, избирательностью и помогающей в точной ориентировке.

Удачное сочетание физкультуры и техники сразу сделали «охоту на лис» одним из любимых видов технического спорта у молодежи, что дало возможность уже в 1960 г., в год, когда началась 2-я Всесоюзная спартакиада, принять участие в международных соревнованиях, которые проводились в г. Лейпциге (ГДР).

О том, какой популярностью пользуется «охота на лис», говорят цифры. За один 1964 г. было проведено около 2 000 соревнований по «охоте на лис» с 26 тыс. участников.

С каждым годом ширится у нас сеть радиокружков в школах и УКВ радиостанций при них.

На радиостанциях ведется спортивная работа по установлению связей с другими станциями. В задачу операторов входит установление наибольшего количества двусторонних связей, ведение аппаратного журнала. Это позволяет готовить радиолюбителей-разрядников, так как за достижения в области связи на УКВ присваиваются спортивные разряды. Наряду с этим ведется конструкторская работа. Изготавливаются походные радиостанции, приемники и передатчики на разные диапазоны.

Проводится обслуживание радиосвязью школьных экскурсий и пионерских походов, организуются экскурсии учащихся школы на радиостанцию, технические вечера и консультации с демонстрацией аппаратуры.

Вся эта полезная и интересная деятельность воспитывает у школьников интерес к технике, готовит из них радиоспортсменов и способствует политехнизации школы.

## АНТЕННЫ ДЛЯ УЛЬТРАКОРОТКИХ ВОЛН <sup>1</sup>

На УКВ работают радиостанции самого различного назначения: радиолокационные, связные, телевизионные, радиовещательные и т. п. На этих же волнах работают и радиолюбительские приемно-передающие радиостанции.

Приемные и передающие антенны, применяемые на УКВ, значительно отличаются от антенн для длинных, средних и даже коротких волн.

УКВ антенны имеют относительно небольшие размеры при весьма хороших качественных показателях. Внутри УКВ диапазона антенны различных поддиапазонов также резко отличаются друг от друга как по принципу действия, так и по конструкции. Так, например, антенны сантиметрового поддиапазона сильно отличаются от антенн метрового поддиапазона. Между ними трудно найти даже какое-либо внешнее сходство.

Мы будем рассказывать об антеннах, к которым в настоящее время радиолюбители и телезрители проявляют наибольший интерес: об антеннах метрового диапазона (10—1 м) и длинноволновой части дециметрового диапазона (1 м—50 см). Эти антенны применяются в повседневной практике для приема телевидения и в качестве приемных и передающих антенн связных радиолюбительских УКВ станций.

Выбор и конструирование приемной и передающей антенн — весьма серьезный этап в практике работ радиолюбителя. Поэтому мы хотим

рассказать о некоторых важнейших свойствах УКВ антенн, что поможет разумно и обоснованно выбирать антенны для различных УКВ установок.

**Направленные свойства УКВ антенн.** *Под направленными свойствами антенн* понимают их способность излучать электромагнитную энергию относительно узкими пучками в определенных желаемых направлениях. Дело в том, что вообще не существует антенн, излучающих электромагнитную энергию равномерно во всех направлениях.

Рассмотрим сначала простейшую и в то же время наиболее распространенную УКВ антенну — симметричный полуволновый вибратор (рис. 1). Этот вибратор состоит из двух расположенных на одной оси металлических стержней. Общая длина вибратора составляет примерно половину длины волны. Расположим вибратор горизонтально, т. е. параллельно земле, и мысленно проведем плоскость перпендикулярно оси вибратора (вертикальную плоскость). В этой плоскости излучаемая мощность распределяется равномерно во всех направлениях. Поэтому говорят, что горизонтальный вибратор является ненаправленным в вертикальной плоскости. В горизонтальной же плоскости излучение является направленным, причем наибольшая мощность излучается перпендикулярно вибратору, а в направлении его оси излучение полностью отсутствует.

Соответственно вертикально расположенный вибратор излучает равномерно во всех направ-

<sup>1</sup> Написано Л. М. Капчинским.

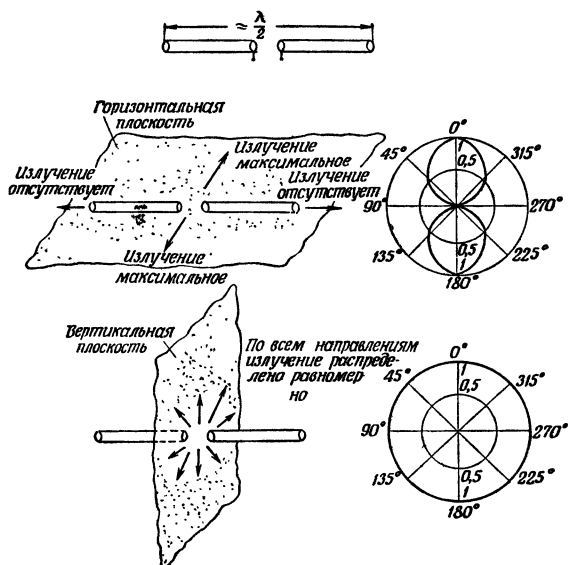


Рис. 1. Диаграммы направленности полуволнового вибратора.

лениях в горизонтальной плоскости и неравномерно — в вертикальной.

Для наглядности направленные свойства антенн изображают графически в виде диаграмм направленности в горизонтальной и вертикальной плоскостях (рис. 1). Необходимо подчеркнуть, что диаграмма направленности не дает возможности определить, какую же мощность излучает антенна в определенном заданном направлении, поскольку величина этой мощности зависит не только от формы диаграммы, но и от общей мощности передатчика. Диаграмма направленности антенны характеризует лишь распределение мощности передатчика в пространстве независимо от полной величины этой мощности и определяется только конструкцией антенны.

На рис. 2 изображены для примера некоторые возможные диаграммы направленности УКВ антенн в горизонтальной плоскости.

Антенна, имеющая диаграмму типа *a*, излучает в горизонтальной плоскости равномерно во все стороны. Такую диаграмму должна иметь антенна радиолюбительского передатчика, если направление на корреспондента заранее неизвестно, а также телевизионная передающая антенна.

Диаграммы типов *b* и *в* имеют два симметричных лепестка. Антенны с такими диаграммами излучают одинаково в двух противоположных направлениях.

Часто бывает полезным сконцентрировать излучение только в одном направлении. Тогда нужно воспользоваться однонаправленными антеннами, имеющими диаграммы направленности типа *г* и *д*.

Как видно из рисунка, эти диаграммы имеют обычно, помимо основного лепестка, небольшие «задние» или «боковые» лепестки, что указывает на некоторый расход мощности передатчика на излучение в нежелательных направлениях. Отметим, что антенна с диаграммой направленности типа *д* излучает электромагнитные волны более узким пучком и является, следовательно, более направленной. Ширина основного лепестка диаграммы направленности измеряется в градусах и отсчитывается по уровню половинной мощности или 0,7 напряжения (угол  $\alpha$  на диаграмме *г*).

Возникает вопрос: как выбрать передающую УКВ антенну с точки зрения формы диаграммы направленности?

Для ответа на этот вопрос необходимо знать, в пределах какого угла может меняться направление от передающей антенны к возможному корреспонденту.

Необходимо, чтобы этот угол укладывался в пределах угла раствора основного лепестка диаграммы направленности по уровню половинной мощности.

Заметим, что чем уже основной лепесток диаграммы направленности и меньше задние и боковые лепестки, тем большая мощность излучаемых волн (при неизменной общей мощности передатчика) излучается в главном направлении и тем больше дальность связи в этом направлении.

Основные типы антенн и соответствующие им диаграммы направленности будут показаны ниже.

До сих пор мы рассматривали передающие антенны. А как обстоит дело с направленными свойствами приемных антенн?

Пусть некоторая антенна используется как передающая для излучения сигналов в пространство и имеет диаграмму направленности, изображенную на рис. 2, *д*. Максимум мощности излучаемых волн соответствует направлению,

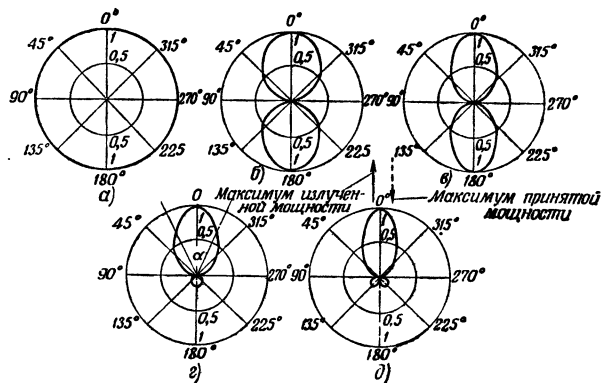


Рис. 2. Различные формы диаграмм направленности УКВ антенн.

показанному сплошной стрелкой. Если эту же самую антенну применить для приема, то мощность сигналов, поступающих на вход приемника, будет максимальной, когда сигнал приходит с того же направления (пунктирная стрелка).

Таким образом, оказывается, что диаграмма направленности любой антенны остается неизменной при работе ее как на передачу, так и на прием.

При выборе типа приемной антенны с точки зрения диаграммы направленности нужно учитывать те же соображения относительно необходимого угла раствора диаграммы в горизонтальной плоскости.

Следует еще добавить, что чем уже основной лепесток диаграммы направленности и меньше боковые лепестки, тем слабее сказываются различные помехи приему (медицинские, промышленные и т. п.).

**Коэффициент усиления УКВ антенн.** Приемные и передающие УКВ антенны характеризуются не только диаграммой направленности, но и величиной коэффициента усиления.

Пусть имеются два передатчика одинаковой мощности.

Антенна первого передатчика — полуволновый вибратор (рис. 1), антенна второго передатчика — однонаправленная с диаграммой, изображенной на рис. 2, д. Антенна второго передатчика создает в главном направлении более сильное электромагнитное поле. Это, очевидно, объясняется тем, что, во-первых, антенна второго передатчика излучает только в одну сторону и, во-вторых, концентрирует излучение в более узком пучке. Если антенна второго передатчика создает на определенном расстоянии электромагнитное поле, например, вдвое большей силы (напряженности), то говорят, что эта антенна имеет относительно полуволнового вибратора коэффициент усиления по полю, равный 2.

Коэффициент усиления любой антенны определяют путем ее сравнения с полуволновым вибратором, коэффициент усиления которого условно принят равным единице.

Понятие коэффициента усиления можно распространить и на приемные антенны. При этом коэффициент усиления по полю показывает, во сколько раз увеличивается напряжение на входе приемника при использовании данной антенны по сравнению со случаем использования полуволнового вибратора.

Нужно заметить, что увеличение коэффициента усиления обязательно связано с уменьшением ширины диаграммы направленности в горизонтальной плоскости. Можно увеличить коэффициент усиления приемных и передающих антенн УКВ станций, сужая диаграмму направ-

ленности в вертикальной плоскости и не ограничивая тем самым угол, в пределах которого возможна связь.

**Фидеры для УКВ антенн.** Приемная и передающая антенны связаны соответственно с приемником и передатчиком фидером.

Выбор типа фидера и способа его подключения к антенне — важный момент в процессе конструирования УКВ антенны как для приемно-передающей радиостанции, так и для телевизионного приемника.

В качестве фидеров могут быть применены симметричные кабели экранированные (РД-13) или неэкранированные (КАТВ) и несимметричные экранированные (РК-1, РК-3, РК-49 и т. п.). На рис. 3 показаны конструкции кабелей различных типов.

Как для телевизионных антенн, так и для антенн приемно-передающих УКВ радиостанций лучше всего использовать несимметричный экранированный кабель. Этот кабель относительно недорог: он может быть прикреплен простейшими скобками непосредственно к любой стене: деревянной, кирпичной и т. п. Кроме того, в случае применения такого кабеля практически исключаются потеря мощности передатчика и искажение диаграммы направленности антенны за счет излучения самого фидера. Могут быть случаи, когда передатчик имеет симметричный выход, а переход на коаксиальный кабель почему-либо невозможен. В таких случаях следует применить экранированный симметричный кабель, а при отсутствии последнего — неэкранированный. Следует иметь в виду, что неэкранированный кабель крепится к стенам с помощью специальных изоляторов.

Подключение фидеров к антеннам различных типов нужно производить только так, как пока-

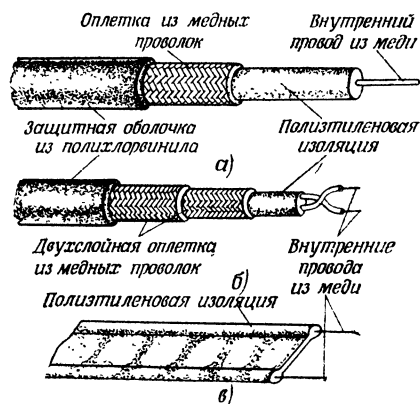


Рис. 3. Кабели, применяемые на УКВ.

а — несимметричный экранированный кабель; б — симметричный экранированный кабель; в — симметричный неэкранированный кабель.

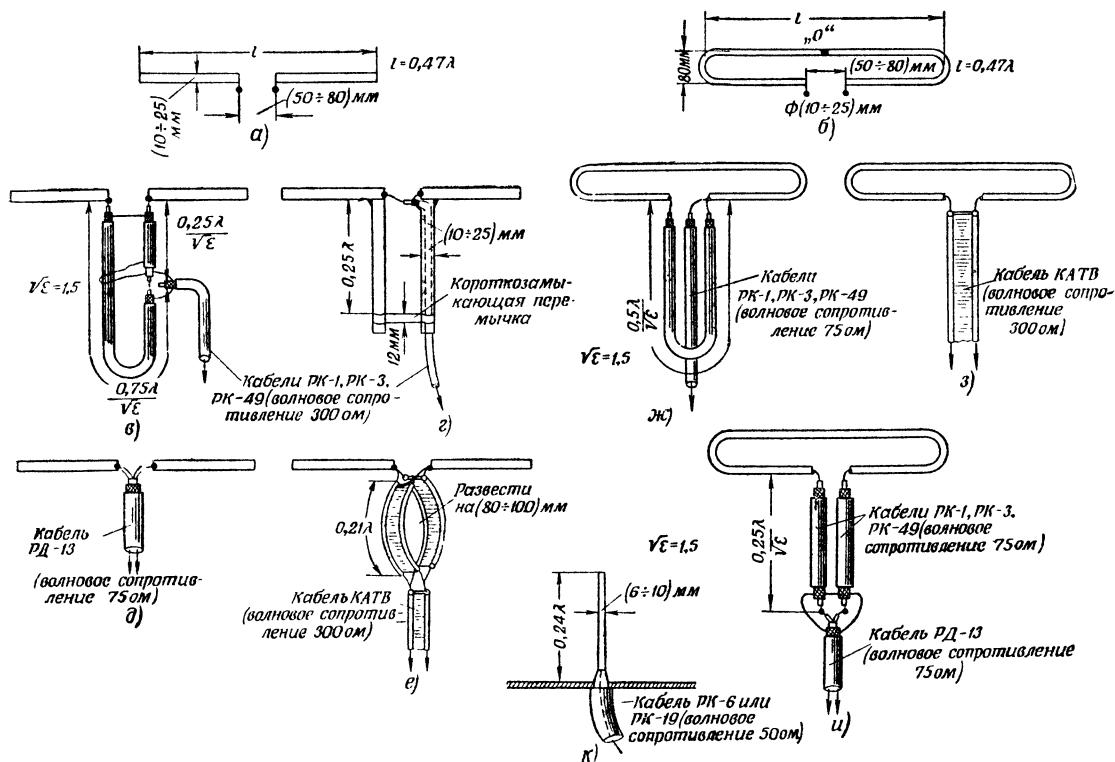


Рис. 4. Схема подключения кабелей к вибраторам.

а — линейный полуволновой вибратор; б — полуволновой шлейф-вибратор; в — подключение кабеля через колено; г — подключение кабеля через четвертьволновой мостик; д — подключение симметричного неэкранированного кабеля; е — подключение симметричного экранированного кабеля; ж — подключение кабеля через колено; з — подключение симметричного экранированного кабеля; к — подключение кабеля к несимметричному четвертьволновому вибратору.

зано на приводимых ниже рисунках. Эти схемы подключения фидеров обеспечивают как симметрирование (при переходе от несимметричного кабеля к симметричной антенне), так и согласование. Неправильное подключение фидера к антенне приводит к уменьшению излученной мощности, а также к частотным искажениям передаваемого и принимаемого сигналов. При приеме телевидения могут появиться специфические искажения в виде повторных контуров изображения.

**Типы антенн для любительских радиостанций и приема телевидения.** В принципе для любительских приемно-передающих УКВ радиостанций и приема телевидения могут применяться антенны одних и тех же типов. Поэтому целесообразно рассказывать об этих антеннах одновременно, делая в случае необходимости соответствующие оговорки.

Простейшей наиболее распространенной антенной для любительской УКВ радиостанции и приема телевидения является полуволновой вибратор (рис. 4).

Полуволновой вибратор может быть использован на любом из 12 телевизионных каналов в

диапазоне частот 48,5—230 МГц, а также в радиолюбительских УКВ диапазонах: 28—29,7, 144—146 и 430—440 МГц.

Существуют две основные разновидности полуволновых вибраторов: линейный полуволновой вибратор (рис. 4, а) и полуволновой шлейф-вибратор (рис. 4, б). По своим электрическим характеристикам оба вибратора являются примерно равноценными; они имеют одинаковые диаграммы направленности и коэффициенты усиления. Полоса пропускания шлейф-вибратора несколько шире, однако это не имеет существенного значения, поскольку полоса правильно выполненного линейного вибратора вполне достаточна для пропускания частот любого телевизионного канала, а тем более канала радиолобительской станции.

Оба вида вибраторов выполняются обычно из трубок (стальных, латунных, медных, дюралюминиевых). Их можно изготавливать также из металлических полосок или уголков. Основные конструктивные размеры их приведены на рис. 4. Под длиной волны  $\lambda$  в случае выполнения вибратора для приема телевидения следует понимать длину волны, соответствующую средней частоте

телевизионного канала; в случае же выполнения вибратора для любительской УКВ радиостанции под  $\lambda$  нужно понимать длину волны, соответствующую несущей частоте.

Возможные способы подключения фидеров к линейному полуволновому вибратору приведены на рис. 4, в, г, д и е. Схемы на рис. 4, в и г применяют в случае использования в качестве фидеров несимметричных экранированных кабелей с волновым сопротивлением 75 ом (РК-1, РК-3 и т. п.).

В схеме на рис. 4, в подключение кабеля производится через U-образное колено из того же кабеля; в схеме на рис. 4, г кабель подключается через симметрирующий короткозамкнутый мостик, изготовленный из трубок. Обе схемы являются примерно равноценными, хотя схема, изображенная на рис. 4, г, обеспечивает все же пропускание более широкой полосы частот. Схема на рис. 4, д применяется в случае использования в качестве фидера симметричного экранированного кабеля РД-13 с волновым сопротивлением 75 ом, схема на рис. 4, е — в случае использования симметричного неэкранированного ленточного кабеля КАТВ с волновым сопротивлением 300 ом.

Возможные способы подключения фидеров к полуволновому шлейф-вибратору (вибратору Пистолькорса) показаны на рис. 4, ж, з и и. Схема на рис. 4, ж применяется при использовании несимметричных экранированных кабелей с волновым сопротивлением 75 ом (РК-1, РК-3 и т. п.), схема на рис. 4, з — при использовании симметричного неэкранированного кабеля с волновым сопротивлением 300 ом (КАТВ), схема на рис. 4, и — при использовании симметричного экранированного кабеля с волновым сопротивлением 75 ом (РД-13).

На рис. 4, к показана антенна, называемая четвертьволновым вертикальным вибратором и применяемая обычно в тех случаях, когда антенну можно расположить над большим металлическим листом (например, для автомобильных станций).

Заметим, что для обеспечения согласования кабеля с антенной в схемах на рис. 4, е и и кабели подключаются через четвертьволновые согласующие трансформаторы, выполненные из отрезков кабеля.

Все рассмотренные схемы подключения фидеров к полуволновым вибраторам с равным успехом могут быть использованы как для передаточных, так и для приемных антенн.

Какой вибратор лучше применять: линейный или шлейф-вибратор? Мы уже отмечали, что с точки зрения электрических характеристик оба вибратора примерно равноценны. Поставленный вопрос следует решать, исходя только из кон-

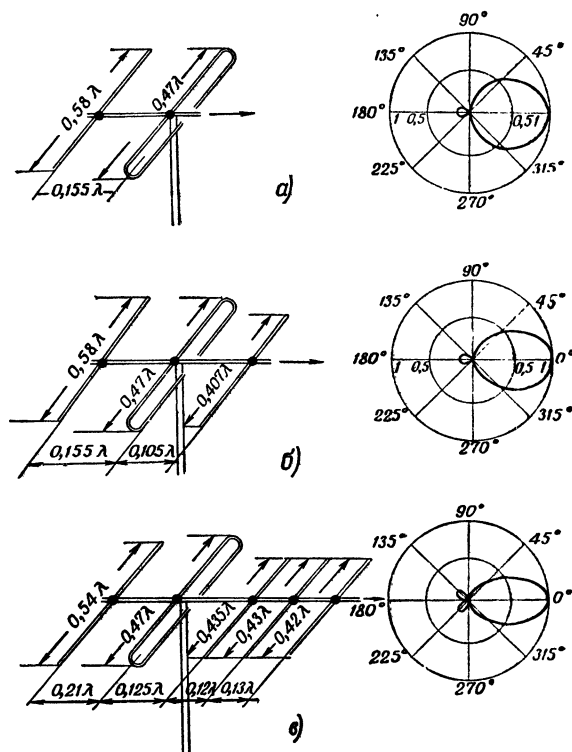


Рис. 5. Направленные УКВ антенны типа «волновой канал».

а — двухэлементная антенна (коэффициент усиления по напряжению 1,35); б — трехэлементная антенна (коэффициент усиления по напряжению 1,85); в — пятиэлементная антенна (коэффициент усиления по напряжению 2,4).

структивных соображений и наличных материалов. Шлейф-вибратор требует, например, для изготовления вдвое большего расхода трубок. В то же время шлейф-вибратор легко установить на любой мачте — металлической или деревянной, так как его можно прикрепить к средней точке (точка О на рис. 4, б) непосредственно к мачте с помощью сварки или металлического хомута без всяких изоляторов. Крепление линейного вибратора к мачте требует изоляторов: керамических, пластмассовых, полистироловых или из органического стекла.

В качестве антенн с относительно большим коэффициентом усиления и лучшими направленными свойствами, чем у полуволнового вибратора, для приема телевидения и для УКВ любительских станций применяют антенны типа «волновой канал», состоящие из нескольких вибраторов.

Простейшая антенна этого типа — двухэлементная — состоит из двух вибраторов (рис. 5, а), расположенных в одной плоскости и закрепленных на стреле, которая выполняется из металлической трубы, уголка или деревянного бруса.

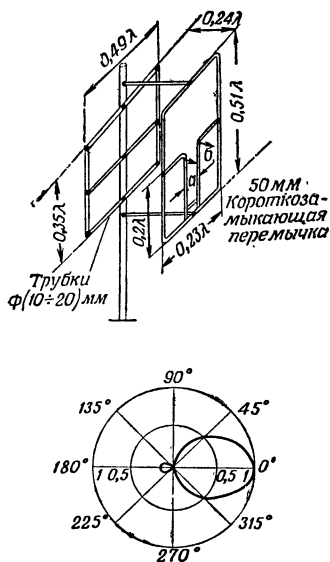


Рис. 6. Контурно-щелевая антенна с рефлектором (коэффициент усиления по напряжению 1,9).

дится симметрично относительно стрелы. Длину пассивного вибратора и его расстояние от него до активного выбирают таким образом, чтобы направить излученную активным вибратором мощность только в одну сторону. С этой точки зрения пассивный вибратор двухэлементной антенны называют рефлектором. Таким образом, двухэлементная антенна является однонаправленной, что видно из приводимой диаграммы направленности.

Трехэлементная антенна (рис. 5, б) содержит, помимо активного вибратора и рефлектора, еще один пассивный вибратор, называемый директором. Длина директора и расстояние от него до активного вибратора выбраны таким образом, чтобы дополнительно усилить излучение в главном направлении. В соответствии с этим трехэлементная антенна имеет больший, чем у двухэлементной антенны, коэффициент усиления и более узкую диаграмму направленности.

Пятиэлементная антенна (рис. 5, в) содержит уже три директора, помимо рефлектора и активного вибратора, и имеет еще больший коэффициент усиления и более узкую диаграмму направленности.

Подключение фидеров к активным вибраторам многоэлементных антенн, изображенных на рис. 5, производится так, как показано на рис. 4, ж з, и и.

Можно, конечно, выполнить антенну с еще большим количеством директоров, однако особого смысла это не имеет, так как при увеличении числа директоров свыше трех происходит

В качестве одного из вибраторов, который называют активным (к этому вибратору подключается фидер), используют линейный полуволновый вибратор или полуволновый шлейф-вибратор, описанные выше и показанные на рис. 4. Второй из вибраторов двухэлементной антенны — пассивный (к нему фидер не подключается) — представляет собой цельнометаллическую трубку, закрепленную на стреле непосредственно, без всяких изоляторов. Крепление пассивного вибратора, как и активного, производ-

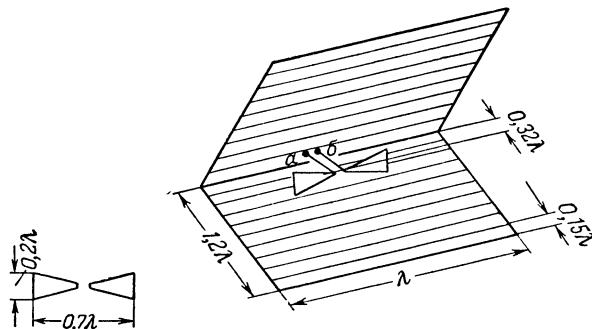


Рис. 7. Антенна с уголковым отражателем (коэффициент усиления по напряжению 3,6).

очень медленный рост коэффициента усиления, в то время как вес и сложность конструкции значительно возрастают. Если для чего-либо (например, для дальнего приема телевидения) необходимо иметь очень большой коэффициент усиления, то выполняют так называемые синфазные антенны, состоящие из многоэлементных антенн типа «волновой канал», расположенных в несколько этажей или рядов.

Подробнее об этом можно прочитать в специальных статьях и книгах по антеннам. Длину U-образного колена для различных телевизионных каналов можно взять из следующей ниже таблицы.

На рис. 6 показана УКВ антенна, называемая контурно-щелевой. Она состоит из прямоугольной рамки, представляющей собой активный элемент антенны, и рефлектора. Рефлектор выполнен из пяти трубок, образующих плоскую решетку.

Коэффициент усиления антенны равен примерно коэффициенту усиления трехэлементной антенны типа «волновой канал», однако полоса пропускания этой антенны шире.

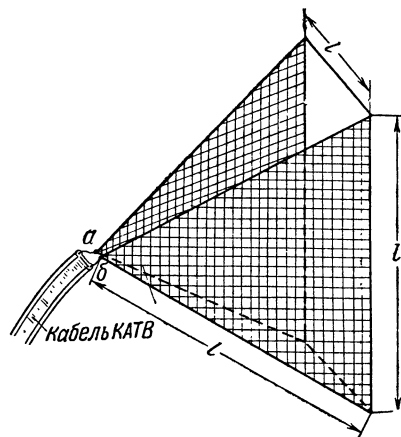


Рис. 8. Рупорная антенна (коэффициент усиления по напряжению при  $l = 0,5 \lambda$  равен 1,3, а при  $l = \lambda$  равен 2,6).



Подключение кабеля производится к точкам *a* и *b* так, как показано на рис. 4, *ж*, *з* и *и*.

Телевизионный канал	Длина U-образного колена, мм
Первый . . . . .	1 900
Второй . . . . .	1 600
Третий . . . . .	1 240
Четвертый . . . . .	1 120
Пятый . . . . .	1 030

Максимум излучения направлен перпендикулярно плоскости рамки.

Наибольшее распространение контурно-ще-

левая антенна с рефлектором имеет в радиолубительском диапазоне 144—146 МГц.

Нужно отметить, что если антенна расположена так, что плоскость рамки перпендикулярна земле, то структура излученного поля подобна структуре поля горизонтального вибратора (излучаются или принимаются только горизонтально поляризованные волны).

В диапазоне 430—440 МГц весьма удобны также антенна с уголковым отражателем (рис. 7) и одна из разновидностей рупорных антенн (рис. 8).

К антенне с уголковым отражателем кабель КАТВ следует подключать в точках *a* и *b*.

Две боковые грани рупорной антенны покрыты металлической сеткой. Кабель подключается к точкам *a* и *b*.

## УКВ РАДИОСТАНЦИЯ <sup>1</sup>

Радиостанция предназначена для ведения двусторонней радиосвязи на 28,0—29,7 МГц и рассчитана на начинающего радиолюбителя.

Питание радиостанции производится от сети переменного тока напряжением 127—220 в.

Схема радиостанции приведена на рис. 1. Передатчик радиостанции собран на трех пентодах:  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  и стабилитроне  $L_4$ . Приемник радиостанции собран также на трех пентодах:  $L_6$ ,  $L_7$  и  $L_8$ .

Переход с передачи на прием на радиостанции осуществляется с помощью переключателя  $P_{1a}—P_{16}$ . В положении «Передача» к выходу передатчика подключается антенное устройство и подается питание на анодно-экранные цепи ламп  $L_1—L_2$ . Газоразрядный стабилитрон  $L_4$  через ограничительные резисторы  $R_7$  и  $R_8$  также подключается к цепи высокого напряжения. Он служит для поддержания постоянства напряжения на экранирующей сетке лампы  $L_1$ . В положении «Прием» антенное устройство переключается на вход приемника, а анодное напряжение — на лампы  $L_6$ ,  $L_7$  и  $L_8$ . В среднем положении переключателя  $P_{1a}—P_{16}$  антенное устройство закорачивается на «землю», а анодное напряжение выключается.

Приемник радиостанции собран по схеме прямого усиления 1-V-1 с регенеративным детектором.

Радиостанция смонтирована на угловом шасси из дюралюминия размерами 240×210×140 мм с подвалом глубиной 60 мм.

В подвале шасси между лампами  $L_1$  и  $L_2$  устанавливается дополнительная экранирующая перегородка размерами 110×60 мм. Она укрепляется под горизонтальной панелью на расстоянии 65 мм от края шасси.

<sup>1</sup> Ломанович В. А., Плакат, изд-во ДОСААФ, 1962.

Размеры и конструктивные данные катушек индуктивности и ВЧ дросселей приведены на рисунке, намоточные данные — в таблице.

Катушки  $L_3$  и  $L_4$  (рис. 2) — бескаркасные, катушки  $L_2$ ,  $L_6$ ,  $L_7$  намотаны на полистироловых каркасах от катушек коротковолнового диапазона приемника «Звезда». Все они имеют подстроечные сердечники из карбонильного железа. Катушка  $L_5$  намотана поверх катушки  $L_6$ . Она выполнена из монтажного провода марки ПМВ. ВЧ дроссели  $Dr_1$  и  $Dr_2$  выполнены на сопротивлениях ВС-2,0,  $Dr_4$  и  $Dr_5$  — на сопротивлениях ВС-0,5. Проводящий слой резисторов предварительно необходимо удалить.

Конденсаторы переменной емкости  $C_1$ ,  $C_{13}$  и  $C_{27}$  — малые воздушные подстроечные конденсаторы. Они имеют одну неподвижную и две подвижные пластины. При отсутствии подобных воздушных конденсаторов можно рекомендовать использовать вместо них обычные керамические подстроечные конденсаторы типа КПК-1.

Переключатель  $P_{1a}—P_{16}$  — обычный одноплатный переключатель на три положения, желательнее с керамической платой. Переключатель  $P_2$  и выключатель  $B_{к1}$  типа «тумблер».

Микрофонный трансформатор  $Tr_1$  собран на П-образном сердечнике сечением 0,5 см<sup>2</sup>.

Катушки	Число витков	Провод	Индуктивность, мкГн
$L_1$	20	ПЭЛ 0,65	4,1
$L_2$	10	МГ 1,2	1,6
$L_3$	10	ПЭЛ 2,0	1,8
$L_4$	4	ПЭЛ 2,0	0,9
$L_5$	3	ПМВ 0,75	0,6
$L_6$	11	МГ 0,65	1,6
$L_7$	11	МГ 0,65	1,6
$Dr_1, Dr_2$	90	ПЭЛШО 0,15	55
$Dr_4, Dr_5$	180	ПЭЛ 0,08	45

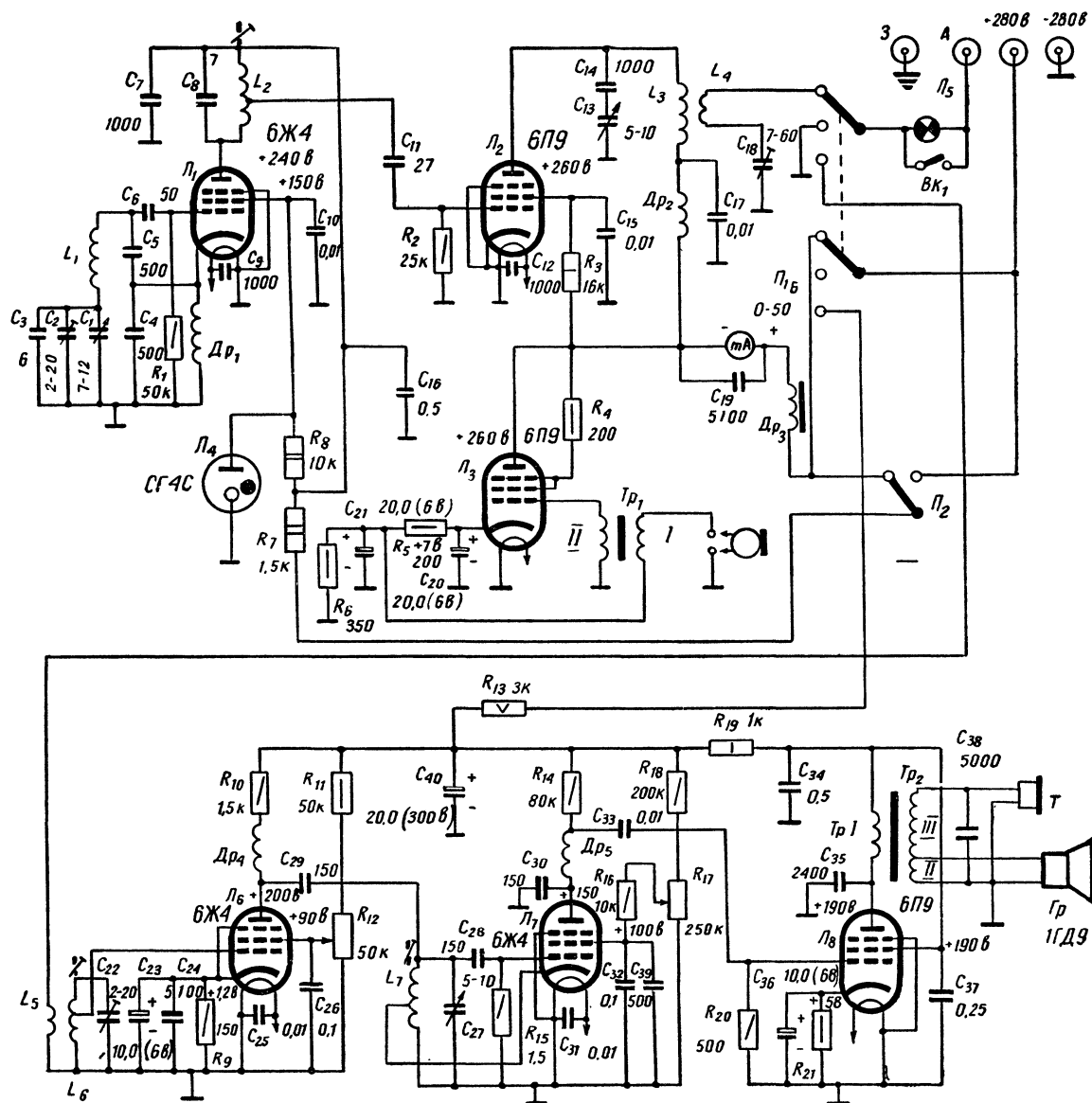


Рис. 1. Схема радиостанции.

Микрофонная обмотка I содержит 300 витков провода ПЭЛ 0,45. Вторичная обмотка (II) — содержит 6 000 витков провода ПЭЛ 0,1.

Входной трансформатор  $Tp_2$  взят от приемника «Звезда-54». При самостоятельном изготовлении такого трансформатора следует на сердечнике из пластин Ш-15 (толщина набора 25 мм) намотать первичную обмотку в количестве 2 600 витков провода ПЭЛ 0,23, вторичную обмотку из 61 витка провода ПЭЛ 1,0 и обмотку для подключения головных телефонов с общим числом 1 040 витков провода ПЭЛ 0,1.

Трансформатор питания  $Tp_3$  также может быть взят от приемника «Звезда-54» или при

самостоятельном изготовлении выполняется на сердечнике из пластин Ш-29, толщина набора 42 мм. Сетевые обмотки содержат по 698 витков провода ПЭЛ 0,33 (с отводом от 93-го витка). Повышающая обмотка (III) выполняется проводом ПЭЛ 0,2 и содержит 3 600 витков с отводом от средней точки. Обмотка IV для накала кенотрона 6Ц5С имеет 39 витков провода ПЭЛ 0,59, обмотка V накала ламп содержит 39 витков провода ПЭЛ 1,0.

Дроссель фильтра выпрямителя  $Dr_6$  берут от приемника «Урал». Такой дроссель можно изготовить, намотав на сердечнике из пластин Ш-14 (толщина набора 15 мм) 3 000 витков про-

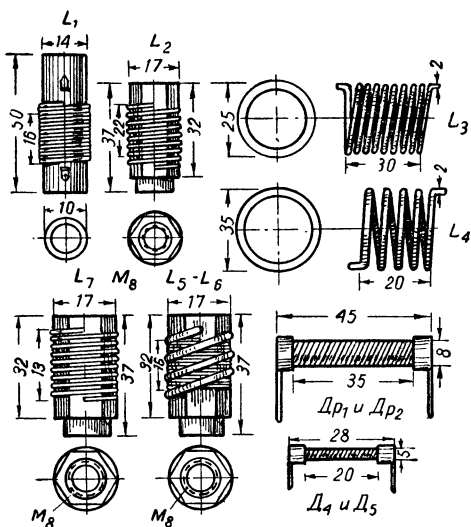


Рис. 2. Катушки индуктивности и ВЧ дроссели.

вода ПЭЛ 0,15. В сердечнике дросселя следует предусмотреть воздушный зазор толщиной 0,2 мм (примерно два слоя писчей бумаги). Модуляционный дроссель  $Др_3$  намотан на сердечнике из пластин Ш-12 (толщина набора 15 мм). Он содержит 5 000 витков провода ПЭЛ 0,1. Воздушный зазор в сердечнике дросселя 0,2 мм.

При наличии контрольного градуированного приемника или волномера налаживание радиостанции удобно начинать с подгонки диапазона передатчика. Для этого конденсатор  $C_1$  устанавливается в положение максимальной емкости, и определяется минимальная частота, на которую может быть настроен контур. Она должна быть равна 14,0 МГц.

После проверки стабильности задающего генератора и уточнения всех элементов его сеточного контура следует произвести подстройку контура  $L_2C_8$  на среднюю частоту диапазона

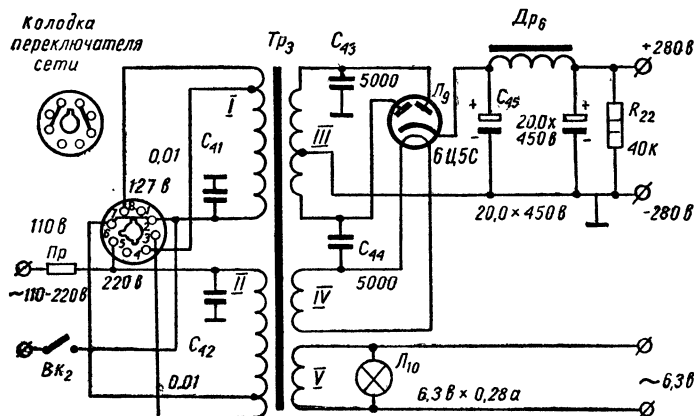


Рис. 3. Схема выпрямителя для питания радиостанции.

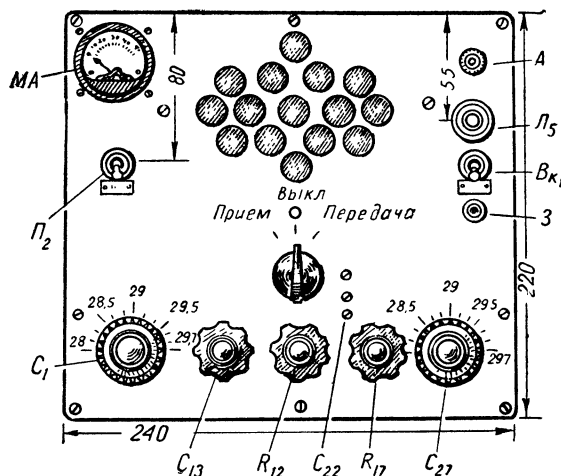


Рис. 4. Общий вид радиостанции (вид спереди).

(28,85 МГц) с помощью подстроечного сердечника катушки  $L_2$ .

Далее необходимо произвести градуировку шкалы, которой снабжен конденсатор  $C_1$ . Подбором величин резистора  $R_8$  добиваются, чтобы ток через стабилитрон  $Л_4$  (СГ4С) был равен 15—20 ма.

Налаживание выходного каскада передатчика — усилителя мощности сводится к настройке анодного контура лампы  $Л_2$  в резонанс с частотой задающего генератора и проверке режима лампы  $Л_2$ . Контур  $L_3C_{13}C_{14}$  при полностью введенном роторе конденсатора  $C_{13}$  должен быть настроен на частоту 28,0 МГц, а в положении минимальной емкости — на 29,7 МГц. Если этого не получается, необходимо подогнать величину индуктивности катушки  $L_3$  путем изменения расстояния между ее витками или доточкой (отмоткой) 0,5—1 витка. Положение резонансной настройки контура  $L_3C_{13}C_{14}$  определяется по минимуму показаний анодного миллиамперметра. Сорвав каким-либо способом колебания в контуре задающего генератора (например, закоротив катушку  $L_1$ ), с помощью ВЧ пробника убеждаются в отсутствии самовозбуждения оконечного каскада.

Анодный ток оконечного каскада при напряжении на аноде 280 в равен 30—35 ма (напряжение на экранирующей сетке  $Л_2$  при этом 160—170 в, ток 8—9 ма).

После подгонки диапазона передатчика и отладки его оконечного каскада следует подобрать оптимальную связь с антенной. Для этого, меняя положения витков катушки  $L_4$  относительно катушки  $L_3$ , добиваются наиболее яркого свечения лампы  $Л_5$ . Одновременно антенная цепь

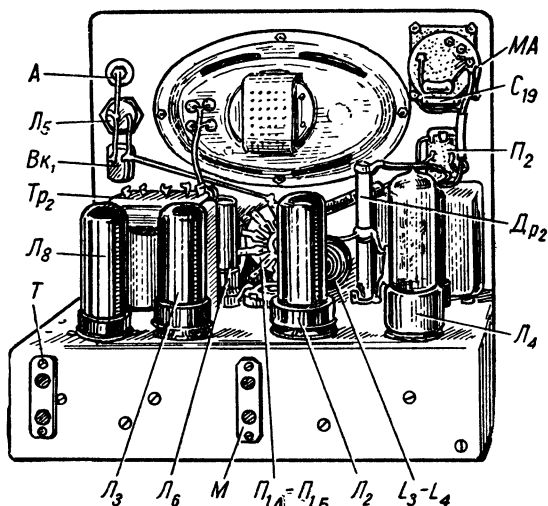


Рис. 5. Монтаж радиостанции (вид сзади).

с помощью конденсатора  $C_{18}$  подстраивается в резонанс с частотой генерируемых колебаний. Налаживание модулятора передатчика сводится к подбору величины резисторов  $R_5$  и  $R_8$ . Можно рекомендовать временно заменить шунтирующий микрофон резистор  $R_6$  переменным резистором 1 ком, с тем чтобы практически подобрать его оптимальную величину.

Налаживание приемника начинают с проверки усилителя низкой частоты (лампы  $L_8$ ). Это может быть произведено простейшим способом — при прикосновении рукой к выводу управляющей сетки пентода 6П9 в телефонах (или дина-

мике) должен быть слышен характерный хрипящий звук.

Налаживание регенеративного детектора приемника — наиболее ответственный этап в его регулировке и настройке. При вращении ручки переменного резистора  $R_{17}$  генерация должна плавно возникать и пропадать. Это достигается путем подбора наивыгоднейшей точки присоединения катода лампы  $L_7$  к катушке  $L_7$ . Обычно эта точка находится в пределах 1,5—2,5 витка катушки  $L_7$  (считая от заземленного конца). Одновременно подбирается наивыгоднейшая величина для резистора  $R_{18}$  с таким расчетом, чтобы генерация возникала примерно при среднем положении движка переменного резистора  $R_{17}$ .

После регулировки обратной связи производят подгонку диапазона приемника. При настройке необходимо добиться, чтобы при среднем положении ротора конденсатора  $C_{27}$  контур  $L_7C_{27}$  был настроен на частоту 28,85 Мгц. Входной контур приемника  $L_6C_{22}$  также настраивают на эту частоту, и производят проверку отсутствия самовозбуждения в каскаде усиления ВЧ. При наличии возбуждения настройка контура  $L_6C_{22}$  в резонанс с приходящим сигналом получается расплывчатой. Для устранения возбуждения следует сделать возможно меньшими связи между анодной и сеточной цепями лампы  $L_6$ . Если во время проверки будет установлено, что возбуждение ВЧ каскада возникает только при некоторых положениях движка переменного резистора  $R_{12}$ , регулирующего напряжение на экранирующей сетке  $L_6$  (регулировка чувстви-

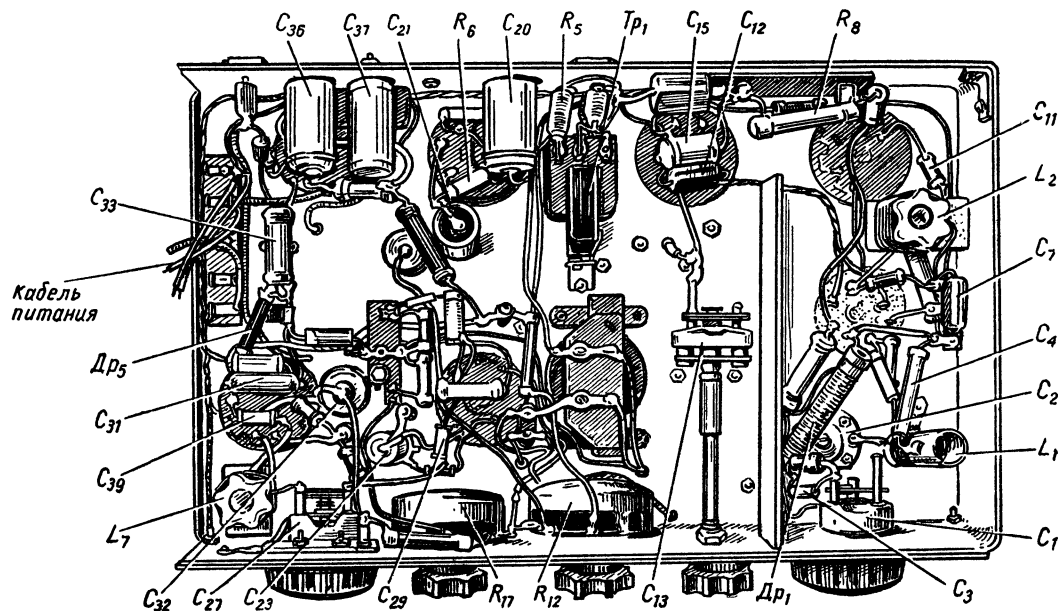


Рис. 6. Монтаж радиостанции в подвале шасси.

тельности приемника), следует несколько увеличить ограничивающий резистор  $R_{11}$ .

В заключение налаживания приемника следует подобрать наивыгоднейшую точку присоединения управляющей сетки лампы  $L_6$  к катушке  $L_6$  и оптимальную связь между катушками  $L_5$  и  $L_6$ . Для этого сигнал небольшой силы (не более 20 мкв) подается на антенный вход приемника и по наибольшей громкости сигнала, слышимого в телефоне, подбирается точка присоединения

к катушке  $L_6$ . Оптимальная связь с антенной подбирается путем изменения расстояния между витками катушки  $L_5$  и перемещения их относительно катушки  $L_6$ .

Наиболее простыми антенными устройствами, которые могут быть рекомендованы для работы радиостанции, являются вертикальная штыревая антенна, симметричный вибратор и полуволновая Т-образная антенна несимметричного питания.

## ПРИЕМНИК ДЛЯ «ОХОТЫ НА ЛИС»<sup>1</sup>

Основными требованиями, предъявляемыми к приемникам для «охоты на лис» являются следующие: высокая чувствительность и возможность ее регулировки в широких пределах, экономичность, большая механическая прочность, малый вес.

В приемниках для «охоты на лис», собранных на лампах, комплект питания должен включать накальную и анодную батареи или преобразователь напряжения вместо анодной батареи. Лампы менее экономичны по сравнению с транзисторами, и поэтому в ламповых приемниках используют источники питания большой емкости. Недостатки, свойственные ламповым приемникам, можно устранить полной заменой ламп транзисторами.

Описываемый приемник, рассчитанный для работы на 80-м любительском диапазоне, собран на шести транзисторах; он питается от батареи КБСЛ-0,5, используемой в карманных фонарях. Вес приемника вместе с батареей составляет 350 г. Чувствительность с базы транзистора  $T_1$  равна 2 мкв при напряжении на телефонах 0,2 в. Глубина регулировки чувствительности 40 дб.

**Принципиальная схема.** Антенный контур приемника состоит из катушки  $L_1$ , намотанной на ферритовом стержне, и конденсаторов  $C_1$  и  $C_2$  (рис. 1). Диаграмма направленности такого контура имеет форму восьмерки. Чтобы определить направление на «лису», к середине катушки  $L_1$  через резистор  $R_1$  подключают штыревую антенну. Такое комбинированное использование ферритовой и штыревой антенн позволяет получить диаграмму направленности в виде кардиоиды. При приближении к «лисе» штыревую антенну отключают и поиск ведут лишь на одну ферритовую антенну, так как с нею точнее всего можно определить местонахождение передатчика. Штыревую антенну включают периодически, чтобы определить, не движется ли спортсмен в обратном направлении.

Сигнал принимаемой станции с контура  $L_1C_1C_2$  через катушку связи  $L_2$  поступает на усилитель ВЧ, собранный на транзисторе  $T_1$  (П402) по схеме с общим эмиттером. Коллекторной нагрузкой этого каскада является контур  $L_3C_5$ . Режим работы транзистора подбирается резистором  $R_2$ . Конденсатор  $C_4$  служит для нейтрализации каскада и обычно подбирается при настройке приемника. Конденсатор  $C_3$  — разделительный.

С контура  $L_3C_5$  через катушку связи  $L_4$  и разделительный конденсатор  $C_6$  высокочастотный сигнал подается на преобразователь частоты с совмещенным гетеродином, собранный на транзисторе  $T_2$  (П402). Гетеродин собран по трехточечной схеме, настройка контура  $L_5C_8C_9$  определяет частоту генерируемых колебаний. Напряжение гетеродина через конденсатор  $C_7$  подается на эмиттер  $T_2$ . Нагрузкой в цепи коллектора  $T_2$  являются резистор  $R_5$  и фильтры сосредоточенной селекции:  $L_7C_{10}C_{11}$ ,  $L_8C_{13}$ ,  $L_9C_{15}$ ,  $C_{12}C_{14}$ . Связь фильтра с цепью коллектора сделана емкостной для повышения его добротности. Для сужения полосы пропускания связь между контурами выбрана слабой.

Напряжение промежуточной частоты с катушки  $L_9$  поступает на аperiodический каскад усиления, собранный на транзисторе  $T_3$  (П401). Коллекторной нагрузкой его является резистор  $R_8$ . Конденсатор  $C_{17}$  — разделительный. Напряжение смещения на базу транзистора  $T_3$  подается с делителя  $R_6R_7$ . Регулируя величину смещения, можно в широких пределах изменять чувствительность приемника.

С коллекторной нагрузки транзистора  $T_3$  напряжение поступает на второй каскад усилителя ПЧ, собранный на транзисторе  $T_4$  (П401). Нагрузкой в цепи коллектора  $T_4$  является контур  $L_{10}C_{19}$ . Этот каскад усилителя ПЧ собран по схеме, аналогичной схеме усилителя ВЧ. Включение аperiodического усилителя ПЧ между преобразователем частоты и резонансным каскадом усилителя ПЧ снижает возможность самовозбуждения приемника.

<sup>1</sup> Ф о н а р е в А., Журнал «Радио», 1962, № 12.

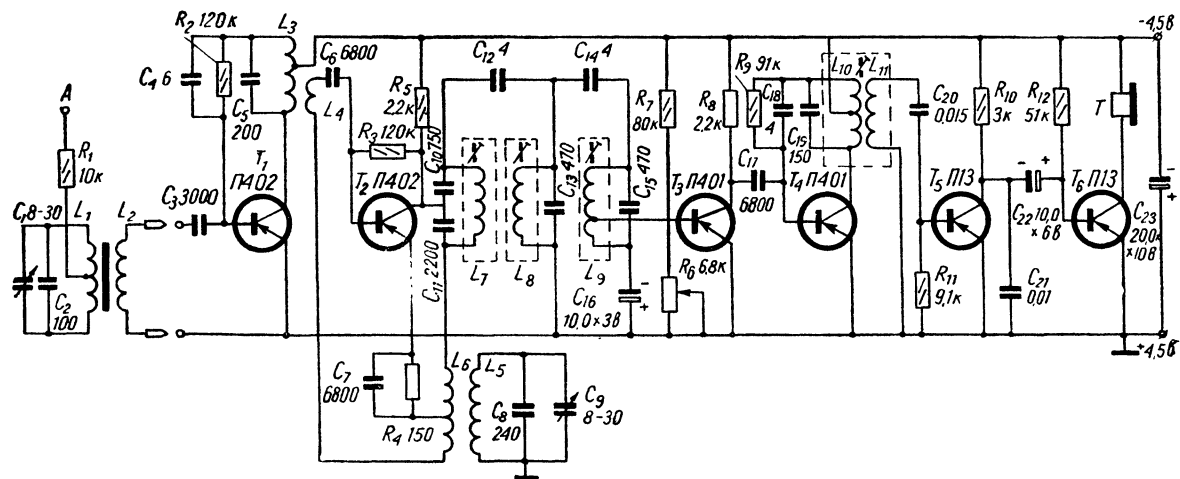


Рис. 1.

С катушки связи  $L_{11}$  напряжение промежуточной частоты подается на детектор, собранный на транзисторе  $T_3$  (П13). Конденсатор  $C_{21}$  шунтирует коллекторную нагрузку для сигналов промежуточной частоты.

Напряжение низкой частоты с коллектора транзистора  $T_5$  подается на базу транзистора  $T_6$  (П13) усилителя НЧ. Коллекторной нагрузкой этого транзистора являются низкоомные телефоны. Резистором  $R_{12}$  подбирают режим работы оконечного каскада.

**Настройка.** После проверки монтажа приемника приступают к его настройке, начиная с усилителя НЧ. Для этого необходимы звуковой генератор и осциллограф. Осциллограф подключают параллельно гнездам телефонов. С выхода звукового генератора сигнал напряжением 20 мВ и частотой 400 Гц подают на базу транзистора  $T_6$  через конденсатор (не менее 1 мкФ). Подбором величины резистора  $R_{12}$  добиваются на телефоне наибольшего напряжения и в то же время (контролируя по осциллографу) наименьшего искажения сигнала. Так проверяют работу усилителя НЧ в диапазоне от 200 до 3 000 Гц. При нормальной работе усилителя напряжение на телефонах должно быть около 0,2 В.

Для проверки детекторного каскада и дальнейшей настройки приемника необходим ГСС. Напряжение сигнала на выходе генератора устанавливают равным 50 мВ, частоту 465 кГц и глубину модуляции 30%. С выхода генератора сигнал через конденсатор (0,01 мкФ) подается на базу транзистора  $T_5$ . При этом на телефонах должно быть напряжение около 0,2 В без заметных искажений.

После проверки работы детектора приступают к настройке усилителя ПЧ. Сигнал с частотой 465 кГц и напряжением около 20 мВ через

конденсатор (0,01 мкФ) подается на базу транзистора  $T_4$ . Вращая сердечник катушки  $L_{10}$ , добиваются наибольшего уровня сигнала на выходе. Во время настройки напряжение входного сигнала уменьшают так, чтобы на телефоне оно было около 0,2 В. Если в процессе настройки этот каскад будет возбуждаться, нужно подобрать емкость конденсатора нейтрализации  $C_{18}$ . Чувствительность со входа этого каскада должна быть равна 200 мкВ.

Апериодический каскад настройки не требует, нужно лишь подобрать величину резистора  $R_7$ ; коэффициент усиления каскада по напряжению должен быть около 10.

Для настройки фильтра сосредоточенной селекции сигнал с генератора с частотой 465 кГц подается на базу транзистора  $T_2$ . Напряжение на выходе генератора устанавливают таким, чтобы в телефонах прослушивался сигнал модуляции. Затем с помощью сердечников катушек настраивают контуры фильтра. По мере повышения напряжения на выходе уменьшают входное напряжение, которое после окончательной настройки должно быть равно 40 мкВ. После этого проверяют полосу пропускания усилителя ПЧ. Для этого частоту сигнала изменяют до тех пор, пока напряжение на выходе не станет вдвое меньше, чем на частоте 465 кГц. Если расстройка при этом составляет 5 кГц как в одну, так и в другую сторону, фильтр настроен правильно. Если расстройка составляет более 5 кГц, нужно уменьшить емкости конденсаторов  $C_{12}$  и  $C_{14}$ .

Затем проверяют работу гетеродина. Высокочастотным милливольтметром измеряют напряжение на эмиттере транзистора  $T_2$ . Оно должно быть около 50–80 мВ. Если милливольтметра нет, можно использовать тестер, нужно лишь иметь в виду, что он дает большую погреш-

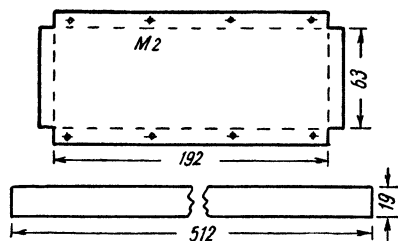


Рис. 2.

ность. Тестер переключают на самый низкий предел измерения переменного напряжения и через конденсатор (100 пф) подключают к коллектору  $T_2$ . Прибор должен показать напряжение от 10 до 100 мВ.

Убедившись в том, что гетеродин работает, приступают к его настройке. Частота колебаний гетеродина должна меняться ферровариометром в пределах 2 945—3 445 кГц. При отключенном входном устройстве с ГСС на базу транзистора  $T_1$  подают напряжение частотой 3,4 МГц. Ручку ферровариометра ставят в крайнее положение, при котором индуктивность катушки  $L_5$  становится максимальной. Изменением емкости подстроечного конденсатора  $C_9$  добиваются прослушивания в телефонах модулирующего сигнала. При положении сердечника ферровариометра, соответствующем наименьшей индуктивности катушки, частота входного сигнала должна быть около 3,9 МГц.

Затем настраивают усилитель ВЧ. Сигнал с частотой 3,55 МГц подают с ГСС на базу транзистора  $T_1$ , и настраивают контур  $L_3C_5$ .

Для настройки входного контура приемника напряжение сигнала генератора устанавливают максимальным, частоту 3,65 МГц, к выходу генератора подключают небольшой кусок провода. По сигналам, принимаемым на ферритовую антенну, настраивают контур  $L_1C_1C_2$ .

Величину резистора  $R_1$  подбирают так, чтобы при подключении штыревой антенны диаграмма направленности имела форму кардиоиды.

Приемник собран на гетинаксовой плате размером 118×57×2 мм.

Детали приемника крепятся на монтажных лепестках, которые изготавливают следующим образом.

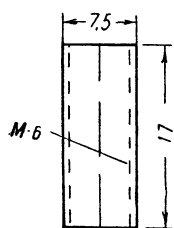


Рис. 3.

С провода ПЭЛ 1,0 счищают эмалевое покрытие, залуживают провод и режут его на отрезки длиной 7 мм. Затем их запрессовывают в отверстия диаметром 1 мм, просверленные на плате.

Плата помещена в футляр, изготовленный из алюминия (рис. 2).

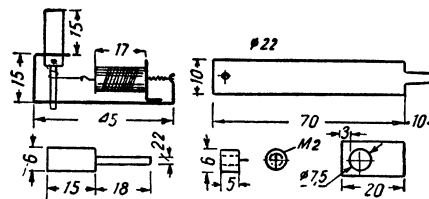


Рис. 4.

В приемнике использованы сопротивления УЛМ, электролитические конденсаторы ЭМ и ЭМИ, конденсаторы КД-1, КД-2 и КДС.

Обозначение по схеме	Число витков	Провод
$L_1$	12	ПЭЛ 0,25
$L_2$	1,5	ПЭЛ 0,25
$L_3$	44	ПЭЛ 0,25
$L_4$	3	ПЭЛШО 0,2
$L_5$	35	ПЭЛ 0,25
$L_6$	5	ПЭЛШО 0,2
$L_7$	$3 \times 33$	ПЭ-5 $\times$ 0,06
$L_8$	$3 \times 33$	ПЭ-5 $\times$ 0,06
$L_9$	$3 \times 33$	ПЭ-5 $\times$ 0,06
$L_{10}$	$2 \times 65$	ПЭЛ 0,1
$L_{11}$	100	ПЭЛ 0,1

Данные катушек приемника приведены в таблице. Катушки  $L_1$  и  $L_2$  намотаны на ферритовом стержне Ф-600 диаметром 8 и длиной 150 мм; катушка связи  $L_2$  намотана поверх  $L_1$ .

Катушки  $L_3$  и  $L_4$  намотаны на полистироловом каркасе диаметром 7,5 и длиной 17 мм (рис. 3); катушка  $L_3$  имеет отвод от середины, катушка  $L_4$  намотана поверх  $L_3$ ; сердечник — магнетитовый.

Устройство ферроиндуктора  $L_5$ ,  $L_6$  показано на рис. 4. Катушки  $L_5$  и  $L_6$  ( $L_5$  поверх) намотаны на таком же каркасе, как и катушки  $L_3$  и  $L_4$ ; катушка  $L_6$  имеет отвод от 2-го витка (считая от заземленного конца). На рис. 1. сердечник не показан.

Катушки фильтра промежуточной частоты  $L_7$ ,  $L_8$ ,  $L_9$  намотаны на трехсекционных каркасах из органического стекла (от приемника «Нева»). Каждый каркас помещен в два ферритовых горшочка Ф-600 диаметром 8,6 и высотой 4 мм. Горшочки заключены в латунные экраны. Катушка  $L_9$  имеет отвод от 10-го витка. Индуктивность каждой из катушек  $L_7$ ,  $L_8$ ,  $L_9$  равна 250 мкГн, добротность 150.

Катушки  $L_{10}$ ,  $L_{11}$  намотаны на таком же каркасе:  $L_{10}$  — в двух секциях,  $L_{11}$  — в одной секции. Индуктивность катушек:  $L_{10} = 400$  мкГн;  $L_{11} = 300$  мкГн, добротность 60.

Намотка катушек  $L_1$  —  $L_6$  — рядовая, катушек  $L_7$  —  $L_{11}$  — внавал.



## САМОДЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ НАЛАЖИВАНИЯ ЛЮБИТЕЛЬСКОЙ УКВ АППАРАТУРЫ

**ДВУХПРОВОДНАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ЛИНИЯ <sup>1</sup>**

Измерительная линия служит для непосредственного определения длины волны связанного с нею генератора. Линия выполняется в виде двух достаточно длинных проводников, связанных передвижной замыкающей перемычкой и витком или петлей для связи с генератором.

На рис. 1 показана одна из возможных конструкций измерительной линии. Проводники линии 1 из медных проводов диаметром 0,8—1,5 мм и длиной до 1,5 длины измеряемых волн натянуты между двумя планками 2 из изоляционного материала (органическое стекло, гетинакс и т. п.). Концы проводников укреплены в одной планке наглухо, а в другой — при помощи шпилек 3, снабженных резьбой (для выравнивания линии и подтяжки проводников). Планки снабжены струбцинами 4, которые служат для укрепления линии.

При измерении длины волны какого-либо генератора к его контуру подносится пробник с лампочкой накаливания (рис. 2) на такое расстояние, при котором лампочка будет гореть с недокалом. Измерительную линию при помощи петли 5 (из медного провода диаметром 1,5—2 мм) связывают с контуром генератора. Перемещая закорачивающую перемычку 6 (кусочек медного провода диаметром 1,5—2 мм) с изоляционной ручкой вдоль линии, отмечают точки, где свечение лампочки резко уменьшается. Измерив обычной линейкой (или рулеткой) рас-

стояние между этими точками и умножив его на 2, получают длину волны колебаний, подведенных к линии.

При измерении необходимо перемещать перемычку перпендикулярно обоим проводам линии, следя за надежностью контакта. Следует также выбирать связь между генератором и линией минимальной (при которой можно еще достаточно четко отмечать точки резонанса).

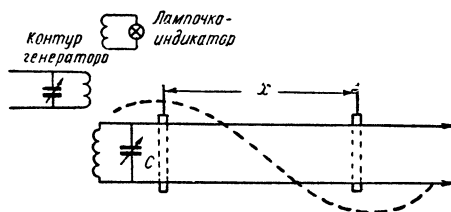


Рис. 2. Определение длины волны генератора путем измерения расстояния между пучностями тока на линии.  $C$  — конденсатор переменной емкости ( $C_{\text{макс}} = 50 \div 100 \text{ нФ}$ ).

Двухпроводная измерительная линия может быть использована для градуировки регенеративных и сверхрегенеративных приемников. В этом случае ее связывают с контурной катушкой приемника и определяют точки резонанса по срыву генерации у регенеративного приемника и прекращению характерного шума, сопровождающего работу сверхрегенеративного детектора.

При желании длина линии может быть уменьшена до 0,6—0,7 длины измеряемой волны. Достигается это с помощью небольшого конденсатора переменной емкости  $C$  (рис. 2), подключенного параллельно замкнутому концу линии. Величина его емкости подбирается такой, при которой точка второй пучности тока оказалась бы возможно ближе к входу линии. Если емкость конденсатора  $C$  окажется недостаточной и сместить точки пучностей тока близко к входу линии не удастся, можно параллельно ему подключить дополнительно небольшой конденсатор постоянной емкости типа КТК или КСО или увеличить на один-два витка катушку связи линии с генератором.

Двухпроводная линия позволяет, пользуясь вспомогательным генератором, производить градуировку резонансных УКВ и КВ волномеров.

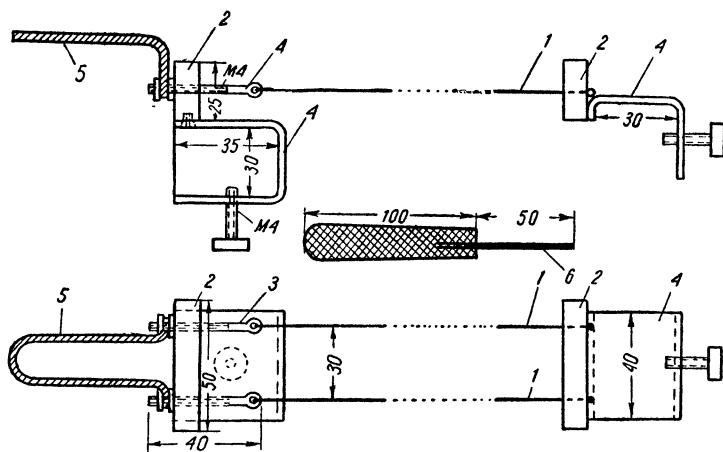


Рис. 1. Конструкция двухпроводной измерительной линии.

<sup>1</sup> Книга сельского радиолюбителя, изд. ДОСААФ, 1961, гл. 13.

## РЕЗОНАНСНЫЙ ВОЛНОМЕР — ИНДИКАТОР ПОЛЯ<sup>1</sup>

Налаживание и эксплуатация радиолубительской аппаратуры значительно упрощаются при наличии простейших измерительных приборов. На каждой любительской радиостанции обязательно должен быть резонансный волномер. Ниже приводится описание конструкции такого простейшего волномера, постройка которого доступна начинающему любителю.

Принципиальная схема волномера приведена на рис. 1. Он выполнен в виде высокочастотной приставки к авометру (например, ТТ-1). К волномеру в качестве индикатора может быть подключен также любой микроамперметр постоянного тока со шкалой 50—500  $\mu\text{ка}$ . Микроамперметр можно монтировать вместе с волномером на общем шасси. В схему волномера входит параллельный резонансный контур  $L_1C_1$ , который с помощью катушки  $L_2$  индуктивно связан с цепью индикатора, состоящей из германиевого диода типа Д1В резистора  $R_1$  и микроамперметра. Последовательно включенный в цепь микроамперметра резистор  $R_1$  увеличивает входное сопротивление германиевого диода, сужая резонансную характеристику волномера. Конденсатор  $C_2$  блокирует по высокой частоте нагрузку диода. Конденсатор переменной емкости  $C_1$  берется с воздушным диэлектриком, но он с равным успехом может быть заменен керамическим подстроечным конденсатором типа КПК, который монтируется на специальном основании с удлиненной осью для ручки настройки. Волномер снабжается двумя сменными каркасами с катушками индуктивности  $L_1$ — $L_2$  и  $L_3$ — $L_4$ , позволяющими перекрыть все любительские коротковолновые диапазоны. При желании рабочий диапазон волномера может быть расширен как в ту, так и в другую сторону путем изготовления к нему добавочных сменных катушек индуктивности. На корпусе волномера монтируется гнездо А, с помощью которого к колебательному контуру волномера может подключаться штыревая антенна, превращающая

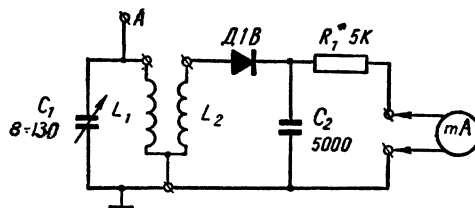


Рис. 1. Принципиальная схема резонансного волномера-индикатора поля.

его, таким образом, в простейший индикатор поля. Волномер монтируется на коробчатом дюралевом шасси размером  $60 \times 50 \times 45$  мм. Сверху горизонтальной панели шасси устанавливаются панелька для сменных катушек индуктивности и изолированное от шасси гнездо для штыревой антенны. Все остальные детали волномера монтируются внутри подвала шасси. Гнезда для подключения микроамперметра выводятся на заднюю стенку шасси. На ось конденсатора переменной емкости  $C_1$  надевается лимб с 100-градусной шкалой.

Сменные катушки индуктивности волномера намотаны на полистироловых цилиндрах диаметром 20 мм. Конструктивные и моточные данные катушек приведены на рис. 2 и в таблице.

В каждый каркас запрессовывается по три контактные шпильки (можно использовать ножки от перегоревших радиоламп), к которым припаиваются концы катушек индуктивности. Для предохранения обмоток катушек поверх них надеваются защитные стаканчики, выточенные из полистирола или органического стекла. Можно для этой цели воспользоваться целлулоидом (например, оклеив катушки фотопленкой).

Для намотки катушек волномера можно применить и любые другие каркасы из изоляционного материала подходящего диаметра. Градуировку волномера лучше всего произвести с помощью гетеродинного индикатора резонанса. Если при градуировке обнаружится «провал» между диапазонами (т. е. высшая частота, которая может быть получена с первой сменной катушкой, окажется меньше начальной частоты, получающейся со второй катушкой), следует произвести подгонку величины индуктивности одной из катушек. При наличии микроампермет-

<sup>1</sup> Ломанович В. А., Радиостанция сельского коротковолновика, изд. ДОСААФ, 1961.

Данные катушек индуктивности резонансного волномера-индикатора поля

Диапазон, Мгц	Катушка	Число витков	Провод	Длина намотки, мм	Индуктивность, мкГн	Примечание
3,1—11	$L_1$	35	ПЭЛ 0,35	17	32	Наматываются на общем каркасе, расстояние между катушками 2 мм
	$L_2$	9	ПЭЛ 0,35	4	8	
10—35	$L_3$	9	ПЭЛ 0,6	5	7	То же
	$L_4$	3	ПЭЛ 0,6	2,5	2,5	

ра со шкалой на 50—100 мка можно произвести градуировку волномера с помощью гетеродина какого-либо градуированного коротковолнового приемника. При этом только следует учесть, что частота гетеродина приемника будет отличаться от частоты, взятой со шкалы приемника, на величину, равную значению промежуточной частоты этого приемника (обычно она бывает меньше на эту величину).

Градуировку волномера можно произвести с помощью двухпроводной измерительной линии.

При выполнении градуировки волномера любым из описанных выше способов связь катушки волномера с градуировочным генератором следует установить наименьшую, чтобы свести к минимуму возможный уход частоты генератора из-за расстройки, вносимой контуром волномера. Правильно проградуированный волномер обеспечивает в дальнейшем возможность измерения частоты с точностью 1—3%.

При градуировке для каждой из катушек должны быть построены градуировочные кривые (рис. 3.), причем точки для построения их следует брать не реже, чем через каждые 0,25—0,5 Мгц.

Описанный волномер может служить и индикатором поля, с помощью которого очень удобно производить налаживание передатчиков (проверять отсутствие самовозбуждения усилительных каскадов, производить нейтрализацию и т. п.), настройку и согласование антенных систем. Для этого в гнездо А вставляется небольшая штыревая антенна (длиной 0,5—1,5 м), с помощью которой осуществляется связь резонансного контура с исследуемым генератором или антенной. Здесь (особенно при настройке антенн) обязательно применение микроамперметра со шкалой не более чем на 50 мка. При отсутствии этого прибора можно воспользоваться и другим, более грубым, но для него потребуется изготовить дополнительно усилитель постоян-

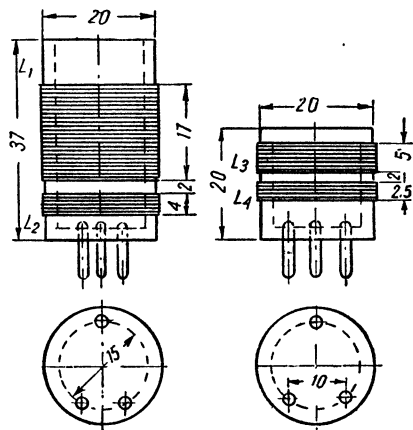


Рис. 2. Сменные катушки волномера.

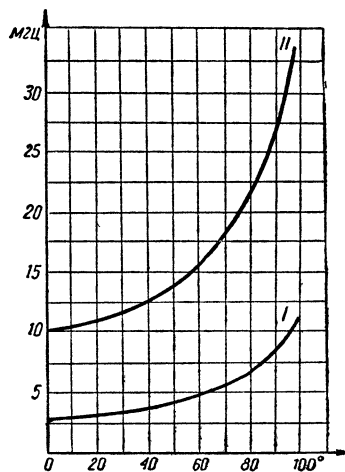


Рис. 3. Градуировочные кривые резонансного волномера.

ного тока. Схема такого усилителя, собранного на транзисторе типа П13, приведена на рис. 4. Пользуясь таким прибором, следует обязательно включать диод в волномере так, чтобы на основании транзистора П13 подавался отрицательный потенциал. Такой усилительный каскад как бы превращает миллиамперметр в чувствительный микроамперметр. Налаживание усилителя очень простое: оно сводится к подбору величины резистора  $R_3$ , служащего для установки стрелки прибора на нуль при отсутствии сигнала на основании транзистора. Для питания усилителя используется один сухой гальванический элемент типа ФБС-0,25.

Повышение чувствительности прибора в этой схеме будет определяться тем усилением по току  $\beta$ , которым обладает используемый в ней транзистор. Например, если данный транзистор П13 имеет  $\beta = 10$ , то при включении в схему миллиамперметра со шкалой 0—1 ма мы как бы получаем микроамперметр со шкалой 0—100 мка. Кроме транзистора типа П13, в этой схеме хорошо работают транзисторы типов П1А—П1Е. Предпочтение следует отдавать транзисторам, имеющим большой коэффициент усиления.

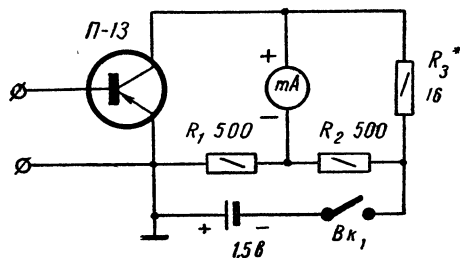


Рис. 4. Принципиальная схема транзисторного усилителя постоянного тока для индикатора поля.

## ЛИТЕРАТУРА

Грудинская Г. П., Распространение УКВ, изд. 2-е, Госэнергоиздат, 1960 (Массовая радиобиблиотека).

В книге приводятся сведения о радиоволнах, антеннах, электрических свойствах поверхности земли и атмосферы и рассматриваются особенности распространения радиоволн различных диапазонов, в основном ультракоротковолнового.

Дороватовский П. и Иванов В., Ответы на вопросы радиолюбителей, изд-во ДОСААФ, 1960.

Своеобразный справочник по вопросам, наиболее часто интересующим радиолюбителей конструкторов.

В книгу включены переработанные материалы из статей и ответов, дававшихся в разделе «Наша консультация» в журнале «Радио». Второй раздел Справочника — «Короткие и ультракороткие волны».

Костанди Г. Г. и Яковлев В. В., УКВ приемники для радиолюбительской связи, Госэнергоиздат, 1960 (Массовая радиобиблиотека).

В брошюре подробно описаны самодельные приемники, предназначенные для работы в любительских УКВ диапазонах, и даны методические указания по их налаживанию.

Куприянович Л. И., Карманные радиостанции, изд. 2-е, переработанное, Госэнергоиздат, 1960 (Массовая радиобиблиотека).

Описываются схемы и конструкции шести карманных УКВ радиостанций и даются указания по их сборке и налаживанию.

Ломанович В. А., Простые УКВ приемно-передающие любительские радиостанции, изд-во ДОСААФ, 1960.

В брошюре описаны: три любительские радиостанции на диапазоны 28—29,7; 144—146 и 420—435 Мгц; простой передатчик для управления по радио; бесшумный приемник на диапазон 144—146 Мгц и простые приборы для налаживания радиостанций.

В помощь радиолюбителю, вып. 11, изд-во ДОСААФ, 1961.

Одна из статей этого сборника «Радиостанция начинающего ультракоротковолновика» И. Капустина содержит описание несложного трехлампового приемника (три лампы типа 6Ж4) и передатчика (две лампы: 6П9 и 6Ж4), работающего в диапазоне 28—29,7 Мгц.

Выходная мощность передатчика около 4 вт.

Книга сельского радиолюбителя, изд-во ДОСААФ, 1961.

В книге есть глава «Ультракоротковолновая аппаратура» с описанием УКВ антенн, УКВ приемников и УКВ передатчиков, в схемах которых используются электронные лампы и транзисторы. Описаны простые самодельные приборы для налаживания любительской УКВ аппаратуры.

Даются указания по пересчету катушек и переделке старых конструкций, работавших в диапазоне 38—40 Мгц.

Ломанович В. А., Радиостанция сельского коротковолновика, изд-во ДОСААФ, 1961.

Описание простой коротковолновой радиостанции для работы в 80- и 40-метровом диапазонах, в приемнике и передатчике которой используются экономичные пальчиковые лампы.

Алексеев С., Школьная радиостанция ШК-2, изд-во ДОСААФ, 1962 (Библиотека юного конструктора).

В книге описаны два передатчика и два приемника, работающие в диапазонах 28 и 144 Мгц, модулятор для анодно-экранной модуляции и блок питания. В ней рассказывается также об организации работы учащихся на коллективной радиостанции и подготовке операторов,

содержании их работы и исследовательской работе школьников в области распространения КВ и УКВ.

В помощь радиолюбителю, вып. 13, изд-во ДОСААФ, 1962.

В сборнике помещено описание простого приемника для соревнований «охота на лис» А. Базилева и И. Игнатьева. Приемник работает в диапазоне 144—146 Мгц.

Схема — I-V-1 со сверхрегенеративным детектором. Лампы: 6Ж2Б (2 шт.) и 6С6Б.

Вес приемника без антенны и источников питания 250 г.

Лучшие конструкции 17-й выставки творчества радиолюбителей, изд-во ДОСААФ, 1963.

В сборнике собраны конструкции по КВ и УКВ аппаратуре (возбудитель к КВ передатчику первой категории; передатчик с диапазоном 28—29,7 Мгц, УКВ конвертер на 144 Мгц; приемник для «охоты на лис» на 3,5 Мгц; радиостанция на диапазон 420—435 Мгц) и ряду других разделов.

В помощь радиолюбителю, вып. 17, изд-во ДОСААФ, 1964.

В сборнике помещено описание приемника для «охоты на лис» на 3,5 Мгц В. Токарева.

Это достаточно простой, чувствительный и удобный транзисторный приемник, предназначенный для соревнований и проведения тренировок.

В помощь радиолюбителю, вып. 20, изд-во ДОСААФ, 1964.

В сборнике описан УКВ приемник на 144—146 Мгц В. Ломановича (экспонат 16-й радиовыставки). Это пятиламповый приемник прямого усиления, предназначенный для работы в 2-метровом любительском диапазоне.

Жеребцов И. П., Введение в технику дециметровых и сантиметровых волн, изд. 2-е, переработанное, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

В книге популярно изложены элементы техники сверхвысоких частот (линии, волноводы, колебательные системы, электронные приборы и излучающие устройства), а также особенности их распространения. Работа на сверхвысоких частотах (СВЧ) открывает широкие горизонты для проведения интереснейших экспериментов и позволит радиолюбителям лучше ознакомиться с радиолокацией, радионавигацией, радиорелейной и многоканальной связью, радиометеорологией, радиоастрономией и другими новейшими областями современной радиотехники.

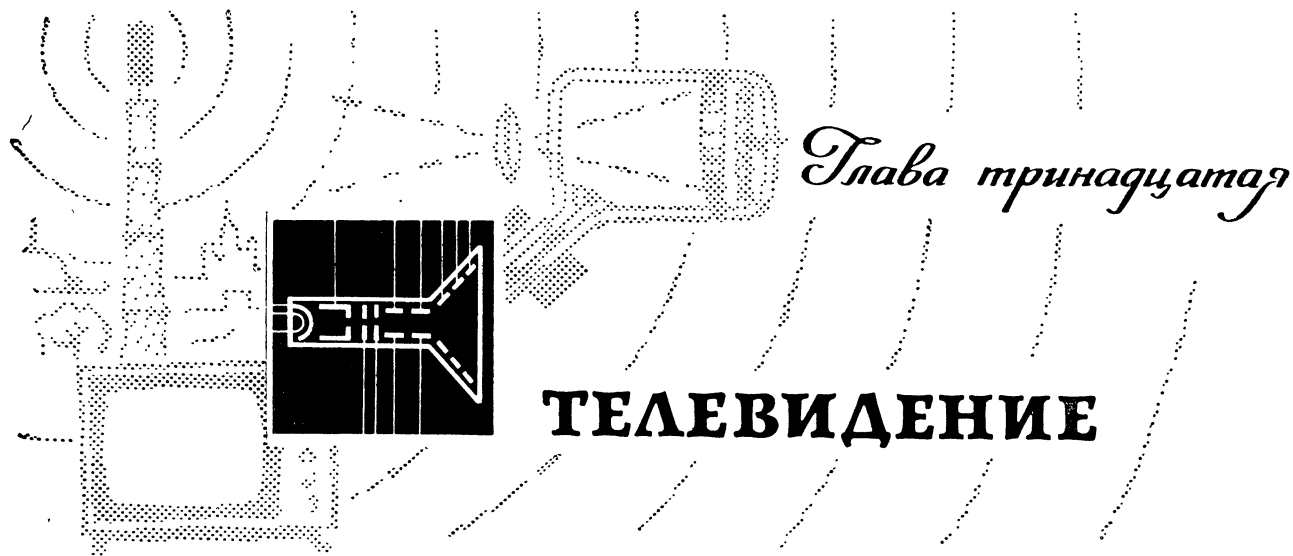
Книга рассчитана на читателей, имеющих среднее образование и знакомых с основами радиотехники.

Колесников А. И., Справочник ультракоротковолновика. Основы конструирования аппаратуры ультракоротких волн, изд-во ДОСААФ, 1966.

В книге трагически погибшего в результате несчастного случая председателя Совета ташкентского радиоклуба, талантливого радиоконструктора, инженера Александра Ивановича Колесникова дан обширный материал для увлеченных.

Первая глава справочника знакомит читателя с элементами колебательных контуров УКВ аппаратуры. Во второй главе рассматривается работа вспомогательных узлов и деталей; третья глава посвящена особенностям работы электронных ламп на УКВ. В четвертой и пятой главах описываются передатчики на диапазоны 2 м и 70 см и их налаживание. В шестой главе даются описания радиоприемников на 2 м и 70 см и конвертеров. Заключительная седьмая глава посвящена УКВ антеннам.

Подробная статья об этом ценном пособии для увлеченных помещена в № 4 журнала «Радио» за 1965 г.



## ПРИНЦИПЫ ТЕЛЕВИДЕНИЯ<sup>1</sup>

Последние два столетия характеризуются бурным прогрессом различных областей техники. Изобретение и развитие паровых двигателей, электрических машин, двигателей внутреннего сгорания, электроники позволили осуществить внедрение машин во все отрасли промышленности и сельского хозяйства. Новую эру знаменует собой овладение атомной энергией.

Техника глубоко вошла в быт. Широчайшие горизонты в развитии культуры открыло радио. Победоносно шествует телевидение — одно из наиболее интересных творений человеческого гения.

Не говоря уже о телевизионном вещании, ставшем в нашей стране столь же привычным, как и радиовещание, телевидение незаменимо как средство наблюдения за непосредственно недоступными человеческому глазу процессами, как, например, при бурении скважин, при исследовании глубин океанов, как средство диспетчерской службы на железных дорогах и крупных промышленных предприятиях, для наблюдения в условиях, представляющих опасность для здоровья человека: в химической промышленности, на атомных установках и т. п.

Телевидение оказывает существенную помощь в процессе обучения как демонстрационное средство. Благодаря телевидению обширные аудито-

рии могут следить за тончайшими хирургическими операциями, проникать в микромир, развертывающийся на предметном столике микроскопа.

Новая эра в истории человечества, начало которой датируется 12 апреля 1961 г., когда советский человек совершил беспрецедентный подвиг, проникнув в Космос, послужила толчком к развитию нового направления в телевизионной технике — космического телевидения. Телевизионная камера является в настоящее время неотъемлемым спутником космического корабля, позволявшим передать на землю карту лунной поверхности, изображение парящего в Космосе советского космонавта.

Трудно даже представить себе, какие неоценимые услуги окажет телевидение в предстоящих межпланетных полетах.

Недалеко то время, когда дальнейшее развитие науки и техники будет невозможным без телевидения так же, как оно невозможно сейчас без электричества, радио и электроники.

\* \*  
\*

Телевидение как наука о передаче изображений на расстояние значительно старше своих «родственников» — радио и электроники — и су-

<sup>1</sup> Автор А. Я. Брейтбарт.

существует уже около 100 лет. Однако как отрасль техники современное высококачественное телевидение насчитывает немногим больше 30 лет. Объясняется это тем, что практическое осуществление давно известного принципа передачи движущихся изображений оказалось возможным лишь на определенной стадии развития радиотехники и особенно электроники.

Электрическая энергия является единственным видом энергии, которую человек умеет передавать на большие расстояния, даже когда между источником и приемником существуют какие-либо преграды. Поэтому любой другой вид энергии, который надо передать на большое расстояние, будь то энергия звука или световая энергия изображения, должен быть преобразован в электрическую.

Передача звуковой энергии или световой энергии изображения осуществляется с помощью переменного тока, изменяющегося в соответствии с изменениями передаваемой энергии. Электрический ток может очень быстро изменяться по любому заданному закону и обладает той особенностью, что в каждое мгновение он имеет в какой-либо точке канала связи одно единственное значение.

В этом отношении переменный электрический ток очень сходен со звуком. Давление, создаваемое в данной точке пространства любым самым сложным источником звука, например оркестром, может изменяться как угодно быстро и по сколь угодно сложному закону, но в каждое мгновение оно имеет только одно значение. Поэтому преобразование звуковой энергии в электрическую — сравнительно простая задача, осуществляемая с помощью микрофона.

Значительно сложнее преобразование световой энергии изображения, особенно движущегося, в электрическую. Любое изображение состоит из большего или меньшего в зависимости от его сложности количества световых пятен различных формы и интенсивности. Форма и расположение пятен могут изменяться во времени, но в каждый данный момент они все существуют одновременно и не могут быть переданы с помощью одного какого-то значения тока. Для непосредственного преобразования световой энергии изображения в электрический ток потребовалось бы столько каналов связи, сколько имеется отдельных световых пятен на изображении. Естественно, что осуществить это практически невозможно.

Поэтому для передачи изображений как неподвижных (в фототелеграфии), так и движущихся (в телевидении) был применен принцип разложения изображения на элементы. Он состоит в том, что все изображение разбивается на небольшие участки. Чем меньше эти участки,

тем больше мелких деталей можно передать, тем выше «четкость» изображения.

Световая энергия каждого элемента преобразуется в электрический ток, причем это преобразование происходит не одновременно, а последовательно во времени. Таким образом, возникает серия следующих друг за другом электрических импульсов, т. е. переменный электрический ток. Такой ток уже может быть передан по одному каналу связи (по одной паре проводов или по радио). В месте приема электрические импульсы преобразуются в световые. При этом все возникающие световые пятна размещаются в том же порядке, в каком они были расположены на самом изображении.

Но каким же образом можно увидеть изображение вместо возникающих один за другим световых импульсов, как бы правильно они ни были расположены?

Для получения слитного изображения на помощь технике приходит своеобразная особенность человеческого глаза. Зрительное ощущение благодаря инерционности зрения длится в среднем около 0,1 сек, как бы кратковременно ни было световое раздражение. Следовательно, если передать все элементы, на которые разложено изображение, за промежуток времени, не превышающий  $\frac{1}{10}$  доли секунды, то в момент, когда будет передаваться последний элемент изображения, световое ощущение от первого элемента еще не успеет исчезнуть. У зрителя создается впечатление, что все световые импульсы существуют одновременно, и поэтому он увидит слитное изображение. Так как зрительное ощущение ослабевает с течением времени, то во избежание появления мерцания изображения необходимо все элементы одного изображения передавать за промежуток времени более короткий, чем время инерции глаза. Этот промежуток времени должен быть тем меньшим, чем выше яркость изображения. В современных телевизорах яркость экрана такова, что мерцание исчезает, лишь когда время передачи всех элементов изображения, или, как говорят, время передачи одного кадра, не превосходит  $\frac{1}{50}$  сек. Важно отметить, что быстрая передача кадра необходима также для передачи без искажений движения передаваемого объекта.

Естественно, что чем меньше время передачи одного кадра, тем больше возрастают скорость передачи телевизионного сигнала и сложность схемы телевизионного приемника, а следовательно, и его стоимость.

С целью снижения стоимости телевизора и сохранения немерцающего изображения прибегают к специальному типу передачи элементов изображения, называемому *чересстрочной разверткой*.

В телевизионном вещании элементы передаются (развертываются) по строкам, причем элементы в строке передаются слева направо, а строки сменяют друг друга сверху вниз. Таким образом, порядок передачи элементов изображения соответствует порядку чтения книги. Однако при чересстрочной развертке порядок следования строк несколько сложнее. В каждом кадре передаются не все строки подряд, а через одну, причем если в одном из кадров были переданы нечетные строки, то в следующем передаются четные, заполняющие получившиеся промежутки, затем опять нечетные и т. д. Таким образом, за каждую  $\frac{1}{50}$  сек передаются не все строки, а только половина. Благодаря инерции глаза зритель этого практически не замечает. Мерцание же изображения отсутствует, так как каждый полукадр передается с достаточно большой скоростью.

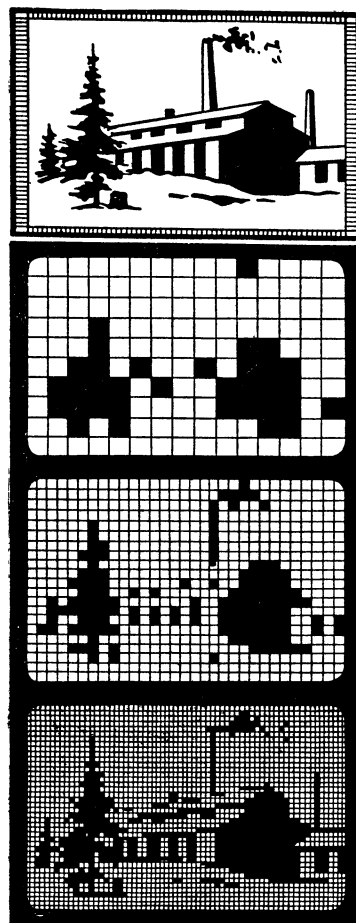
Техника чересстрочной развертки относительно проста. Необходимо лишь, чтобы число строк в кадре было нечетным и строго постоянным. При этом усложняется схема телевизионного передатчика, схема же телевизора существенно упрощается благодаря уменьшению полосы передаваемых частот в 2 раза.

След движения элемента изображения по строке каждый может наблюдать на экране телевизора.

Если подойти достаточно близко к экрану, легко обнаружить, что изображение состоит из тонких горизонтальных линий. Правда, заметить движение светового пятна невозможно из-за отмеченной выше инерционности зрения. Следует упомянуть, что и современные телевизионные экраны обладают световой инерцией, помогающей восприятию изображения.

Число элементов, на которое разбивается все изображение, неодинаково в разных странах. В СССР принято разложение на 625 строк. Так как в строке около 900 элементов, все изображение разбивается на полмиллиона элементов ( $625 \times 900$ ), которые передаются 25 раз в секунду. Таким образом, общее число элементов, передаваемых в 1 сек, достигает огромной величины: около 14 миллионов!

Для передачи столь большого числа электрических импульсов необходимы весьма совершенные электронные лампы и радиотехнические приборы, причем передача по радио может быть осуществлена только на ультракоротких волнах. К этому следует добавить, что световая энергия одного элемента изображения составляет совершенно ничтожную величину, так как общая энергия изображения распределяется между всеми его элементами. Поэтому для преобразования ее в электрическую энергию требуются очень сложные вакуумные приборы. Именно этими обстоя-



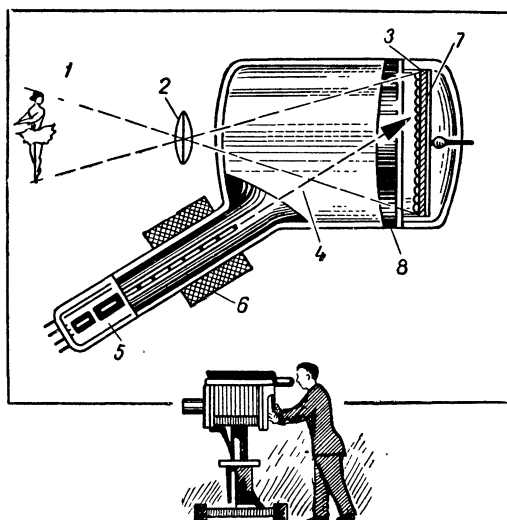
Чем меньше участки, на которые разбивается изображение, тем больше мелких деталей можно передать.

тельствами и объясняется сравнительно поздний расцвет техники телевидения.

Как уже упоминалось, световые элементы должны быть расположены на приемном конце в той же строгой последовательности, что и на передающем. В противном случае никакого изображения не удастся воспроизвести. Требуемая последовательность достигается в телевизоре соответствующей настройкой двух генераторов: *генератора строчной частоты*, осуществляющего перемещение светового элемента по строке, и *генератора кадровой частоты*, задающего правильную последовательность строк.

Многие, вероятно, неоднократно убеждались в том, что в случае неправильной настройки этих генераторов (ручки настройки которых имеются в каждом телевизоре) либо изображение перемещается вверх или вниз, либо вместо изображения на экране наблюдаются наклонные линии, а то и просто хаотическое нагромождение



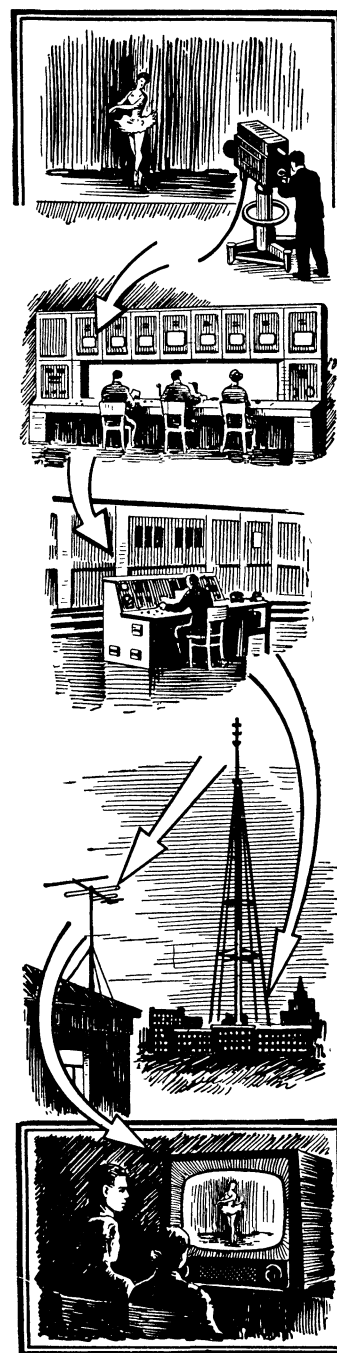


Передаваемое изображение 1 проектируется при помощи объектива 2 на мозаику 3 иконоскопа, находящегося в телевизионной камере. Разложение изображения производится электронным лучом 4, создаваемым электронным прожектором 5. Отклоняющая система 6 заставляет электронный луч обегать мозаику. Возникающие в цепи мозаики, сигнальной пластины 7 и коллектора 8 электрические сигналы подаются на усилитель.

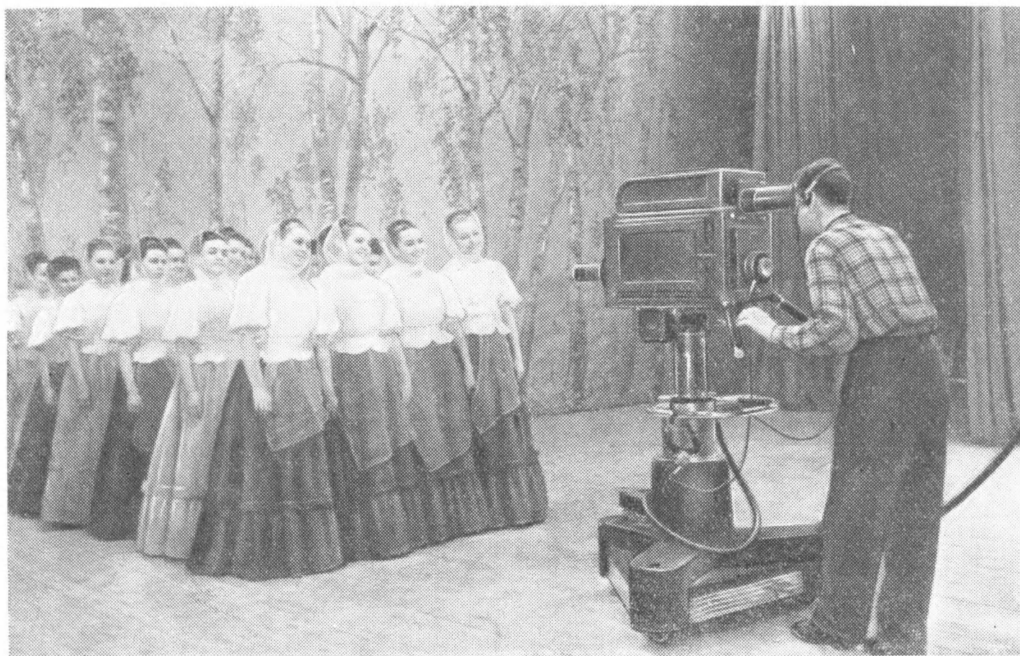
непрерывно перемещающихся черных пятен. Это означает, что нарушена синхронизация, т. е. строго согласованное во времени движение двух элементов на передающем и приемном концах.

Для преобразования световой энергии в электрическую используется явление фотоэффекта, наблюдаемое у некоторых металлов и заключающееся в том, что свет, попадая на их поверхность, увеличивает энергию всегда имеющих свободных электронов, в результате чего они приобретают большие скорости и могут покинуть металл. Если поместить металлическую поверхность в вакуум, то освободившиеся электроны можно будет собрать на другой металлической поверхности, так что между ними возникнет ток, пропорциональный величине световой энергии.

Теперь расскажем коротко об устройстве *иконоскопа* — простейшей передающей трубки (в настоящее время применяются более сложные передающие трубки). В стеклянном цилиндрическом баллоне, из которого удален воздух, помещен светочувствительный слой, нанесенный на изоляционную пластинку. Этот слой, называемый *мозаикой*, состоит из множества мельчайших изолированных друг от друга светочувствительных зерен. С противоположной стороны изоляционной пластинки нанесен металлический слой, называемый *сигнальной пластинкой*.



Световая энергия изображения преобразована в телевизионной камере в электрические, которые из аппаратной студии поступают передатчик. Ультракороткие волны, излучаемой телевизионной антенной, принимаются антенной. Преобразование электрических сигналов осуществляется в кинескопе, дно покрытое люминесцентным слоем, является телевизором.



Передача из большой студии Московского телевизионного центра. Выступает хореографический танцевальный ансамбль «Березка».

На мозаику проектируется изображение с помощью фотографического объектива. Световая энергия изображения выбивает из светочувствительных зерен мозаики электроны, которые попадают на коллектор, нанесенный на внутреннюю поверхность баллона. Элементы мозаики теряют тем больше электронов, чем больше световой энергии попадает на них. В результате на мозаике образуется «электрический рельеф», в точности повторяющий распределение света и тени на изображении. В горловине цилиндрической колбы расположен «электронный прожектор» («электронная пушка») — устройство, формирующее тонкий пучок электронов, летящих с большой скоростью на мозаику. Чтобы электронный пучок обегал мозаику по строкам по всей ее поверхности, имеется отклоняющая система, расположенная на горловине. Когда электронный пучок попадает на какое-нибудь место мозаики, он восстанавливает на нем все электроны, потерянные в результате воздействия световой энергии. При этом в цепи, состоящей из сигнальной пластинки, мозаики и коллектора, возникает импульс тока, тем больший, чем больше было потеряно в данной точке электронов и, следовательно, чем ярче было освещено это место. Таким образом, в цепи сигнальной пластинки возникает переменный электрический ток; он усиливается, затем к нему добавляются специальные сигналы, необходимые для получения синхронного движения светового пятна в приемнике.

Наконец, ток преобразуется в радиопередатчике таким образом, чтобы он мог попасть в антенну телевизора в виде электромагнитных колебаний.

Обратное преобразование электрической энергии в световую и, следовательно, восстановление изображения происходят в приемной трубке — кинескопе (расположенном в телевизоре), который устроен следующим образом.

Из конической колбы, дно которой покрыто люминофором — веществом, способным светиться под воздействием попадающих на него быстрых электронов, откачан воздух. В цилиндрической горловине, как и в иконоскопе, помещен электронный прожектор. Создаваемый им электронный пучок под действием отклоняющей системы чертит на люминофоре строки.

Принятый антенной телевизионный сигнал преобразуется и усиливается, после чего он подается на один из электродов электронного прожектора, называемый управляющим. Назначение этого электрода — изменять интенсивность электронного пучка пропорционально интенсивности подаваемого на него сигнала. Так как люминофор светится тем сильнее, чем интенсивнее электронный пучок, а движение электронного пучка строго синхронно с движением электронного пучка в передающей трубке, распределение света и тени на люминофоре оказывается таким же, как на мозаике иконоскопа. На люминофоре возникает то же изображение, что и на мозаике.

Кроме усилителя, в телевизоре имеются специальные генераторы для питания отклоняющей системы током требуемой формы, устройство для синхронизации этих генераторов и, следовательно, движения электронного луча, источники питания и другие вспомогательные устройства.

## ЧИСЛО СТРОК И ПОЛОСА ЧАСТОТ <sup>1</sup>

Четкость телевизионного изображения принято характеризовать числом строк, на которое оно делится. Это число часто называют стандартом четкости.

В начале 30-х годов у нас было 30-строчное телевидение. В конце 30-х годов, после перехода с механического телевидения на электронное, Ленинград вел передачи с разбивкой изображения на 240 строк, а Москва — на 343 строки. При возобновлении телевизионных передач после Великой Отечественной войны Ленинград применил разбивку на 441 строку, а Москва — на 625 строк. Вскоре разбивка изображения на 625 строк была закреплена как Всесоюзный стандарт, обязательный для всех наших телевизионных передатчиков. Этот стандарт четкости — один из самых высоких в мире.

Но следует отметить, что одно только число строк не характеризует полностью четкость телевизионной передачи. Число строк определяет вертикальную четкость, т. е. количество отдельных элементов, которое может содержать на экране телевизора вертикальная линия. Четкость же (или разрешающая способность) по горизонтали — число элементов, которое может содержать строка изображения, зависит от полосы частот, излучаемой передатчиком и воспринимаемой приемником.

У нас принят формат изображения  $4 \times 3$ , т. е. длина изображения больше его высоты в 1,33 раза. Этот формат соответствует стандарту, принятому в кино; он приятен для глаза.

Номинальный размер того раstra, который чертит элемент разложения, больше рассматриваемого изображения, так как в конце каждой строки и каждого кадра передаются специальные сигналы, используемые для затемнения обратного хода луча передающей и приемной электронно-лучевых трубок, а также для синхронизации разверток в передатчике и приемнике. Строчный затемняющий импульс длиннее кадрового, вследствие чего фактический формат раstra отличается от номинального формата изо-

несмотря на значительные успехи, достигнутые за последние годы в области телевидения, передаваемые изображения не лишены ряда недостатков. Но телевизионная техника интенсивно совершенствуется и развивается, что, несомненно, приведет к значительному повышению качества изображений.

бражения (формата кадра) и равен приблизительно 1,47.

По вертикали телевизионное изображение разбивается на 625 строк. Если считать, что каждый элемент изображения должен представлять собой квадратик со стороной, равной ширине строки, то число элементов в строке будет:

$$625 \cdot 1,47 = 920,$$

а всего изображение будет состоять из  $625 \times 920 = 580\,000$  элементов. Видно же будет в пределах кадра  $575 \times 765 = 440\,000$  элементов.

У такого изображения четкость по вертикали и горизонтали будет одинаковой. Определим длительность передачи одного элемента. Для этого нам надо знать, сколько времени уходит на прочерчивание одной строки. Как было показано выше, телевизионное изображение делится на 625 строк; в секунду передается 25 кадров. Следовательно, в секунду электронный луч прочерчивает

$$25 \cdot 625 = 15\,625 \text{ строк.}$$

Продолжительность прочерчивания одной строки составляет:

$$1 : 15\,625 = 0,000064 \text{ сек} = 64 \text{ мксек.}$$

Следовательно, продолжительность передачи одного элемента изображения равна:

$$64 : 920 = 0,07 \text{ мксек.}$$

Если один из двух квадратиков изображения, лежащих рядом на строке, белый, а другой — черный, то ток, модулирующий телевизионный передатчик, должен измениться от минимума до максимума за время передачи двух элементов. Следовательно, частота этого тока должна быть:

$$\frac{1}{2 \cdot 0,07 \cdot 10^{-6}} = 7\,000\,000 \text{ гц} = 7 \text{ Мгц.}$$

Так как излучаемая передатчиком полоса частот определяется высшей модулирующей ча-

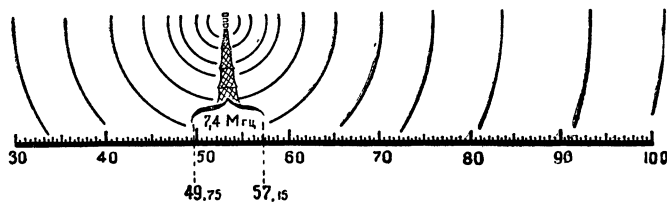


Рис. 1.

<sup>1</sup> Кубаркин Л. В. и Левитин Е. А., Занимательная радиотехника, Госэнергоиздат, 1956 (Массовая радиобиблиотека), (новая редакция).

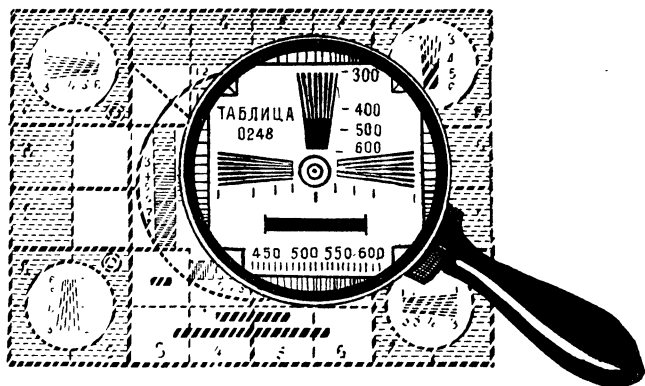


Рис. 2.

стойкой, то полоса телевизионной передачи должна составлять 7 Мгц.

Наши современные телевизоры пропускают полосу около 5 Мгц. Нетрудно подсчитать, что при такой полосе время передачи одного элемента составит не 0,07 мксек, а

$$\frac{10^6}{2 \cdot 5 \cdot 10^8} = 0,1 \text{ мксек.}$$

При такой длительности передачи одного элемента в строке содержится

$$\frac{64}{0,1} = 640 \text{ элементов.}$$

При этом разрешающая способность по горизонтали будет составлять приблизительно

$$640 : 1,47 = 440 \text{ линий.}$$

Это и есть приблизительное число линий, которое определяется по вертикальному клину испытательной телевизионной таблицы, т. е. фак-

тическая четкость изображения по горизонтали. При полном использовании стандарта горизонтальная строка изображения должна состоять из 920 элементов, фактически же при полосе 5 Мгц она состоит всего из 640 элементов, а все изображение вместо 580 000 элементов состоит из  $625 \cdot 640 = 400\,000$  элементов.

Ниже помещена таблица, в которой приведены приближенные значения четкости по горизонтали и общее число элементов в изображении при различных полосах частот.

Полоса частот, Мгц	Разрешающая способность	Число элементов в изображении
3	260	240 000
3,5	310	280 000
4	350	320 000
4,5	400	360 000
5	440	400 000

Из таблицы видно, что если, например, число строк, определенное по вертикальному клину испытательной таблицы, равно 420, то полоса частот, воспроизводимая телевизором, составляет примерно 4,75 Мгц.

Таким образом, четкость телевизионных изображений определяется не только числом строк, но и полосой частот. Первое характеризует четкость по вертикали, а вторая — по горизонтали. При данном числе строк четкость по горизонтали тем выше, чем шире полоса частот.

Естественно, что ширина пропускаемой полосы частот зависит не только от телевизора, но и от антенны. Лучшие телевизионные антенны поэтому и называются широкополосными.

## КИНЕСКОП <sup>1</sup>

Для воспроизведения телевизионного изображения используется *электронно-лучевая трубка*, называемая кинескопом. Устройство современного кинескопа схематически представлено на рис. 1. Колба кинескопа состоит из узкой цилиндрической части — горловины и расширяющейся части — конуса, заканчивающегося слегка выпуклым днищем. Колба изготавливается либо целиком из стекла, либо в некоторых типах кинескопов больших размеров из стекла изготавливаются только горловина и днище, а конус делается из специальной стали. Днище современных кинескопов имеет в соответствии с телевизионным изображением форму прямоугольника (с закругленными углами) с отношением сторон приблизительно 3 : 4. Воздух из колбы

откачивается, так как электроны могут свободно перемещаться только в вакууме. Стенки колбы и в особенности ее днище должны быть достаточно толстыми, чтобы противостоять давлению атмосферы, которое может превышать 1 000 кг на все днище.

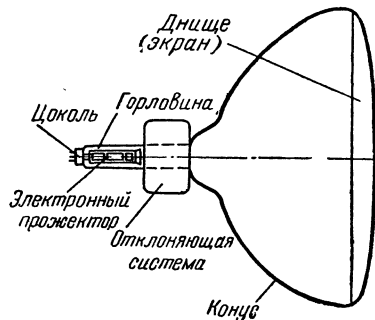


Рис. 1.

<sup>1</sup> Написано А. А. Жигаревым.

В горловине кинескопа расположен электронный прожектор (электронная «пушка») — устройство, создающее узкий направленный поток электронов — электронный луч. Днище кинескопа изнутри покрыто *люминофором* — веществом, светящимся при попадании на него быстрых электронов. Днище, покрытое люминофором, образует *экран кинескопа*. Электронный луч, пробегающий по экрану строка за строкой, создает последовательность более или менее ярко светящихся элементов, совокупность которых и воспринимается зрителем как телевизионное изображение. Так как в течение 1 *сек* необходимо передать 25 кадров, при разложении на 625 строк электронный луч должен за 1 *сек* пробежать более 15 000 строк. Нетрудно подсчитать, что скорость движения луча по экрану кинескопа больших размеров может составить при этом около 75 *км/сек*. Электронный луч благодаря ничтожной массе электронов нетрудно перемещать с еще большей скоростью. Именно поэтому в настоящее время для воспроизведения телевизионных изображений используются исключительно кинескопы, так как никакие механические устройства не могут обеспечить необходимой скорости движения светового пятна.

Для перемещения луча по экрану служит *отклоняющая система*, размещаемая обычно снаружи колбы на ее горловине.

Расположенный в горловине кинескопа электронный прожектор состоит из источника электронов — накаливаемого катода и системы электродов в виде дисков с отверстиями или цилиндров, образующих так называемую *электронно-оптическую систему*. Катод кинескопа отличается от катодов электронных ламп только конструктивно и выполняется обычно в виде небольшого (диаметром около 3 *мм*) стаканчика, доньшко которого обращено к экрану и покрыто окисью бария, легко испускающей свободные электроны при нагревании до температуры 750—800° С. Внутрь стаканчика вкладывается свернутая спиралью вольфрамовая проволока, изолированная тонким слоем окиси алюминия. Эта проволока, нагреваемая пропускаемым по ней электрическим током, служит электрической печкой, нагревающей катод до необходимой температуры.

Электроны, испускаемые катодом, имеют очень малые скорости и расходятся от катода широким пучком. Чтобы собрать электроны в узкий луч и сообщить им достаточно большую скорость, нужна электронно-оптическая система, состоящая из «электронных линз», действующих на пучок электронов подобно стеклянным линзам на пучок света.

Простейшей *электронной линзой* является электрическое поле, создаваемое между катодом и круглой диафрагмой или между двумя круг-

лыми диафрагмами. В отличие от обычных светоптических линз, фокусное расстояние которых заранее определено формой поверхностей линзы, распределение поля и, следовательно, фокусное расстояние электронных линз можно менять в широких пределах путем изменения разности напряжений на электродах, создающих электрическое поле линзы. Электронные пушки, в которых используются линзы, образованные электрическими полями, называются электронными пушками или прожекторами с *электростатической фокусировкой*. Важной особенностью электростатических линз является возможность одновременно с фокусировкой сообщить электронам большие скорости с помощью электрического поля, что необходимо для получения большой яркости свечения экрана. Скорость, приобретаемая электронами в электрическом поле, пропорциональна квадратному корню из ускоряющего напряжения. Например, если напряжение анода равно 100 *в*, электроны подлетят к нему со скоростью около 6 000 *км/сек*, а если анодное напряжение повысить до 10 000 *в*, скорость электронов приблизится к 60 000 *км/сек*.

Сфокусировать поток электронов можно также при помощи магнитного поля, образованного короткой круглой катушкой, по виткам которой протекает электрический ток. Проходя через такое магнитное поле, поток электронов будет испытывать такое же действие сил, как и провод, по которому проходит ток. Подбирая ток катушки и скорость электронов, можно при помощи такой магнитной электронной линзы собрать поток электронов в узкий луч. Однако в отличие от электрического магнитное поле не изменяет скорости электронов. Поэтому для осуществления фокусировки магнитным полем необходимо предварительно разогнать электроны электрическим полем. Электронные прожекторы, в которых используются магнитные линзы, называются прожекторами или пушками с *магнитной фокусировкой*.

При помощи магнитного поля можно получить более совершенную фокусировку электронного луча. Однако для питания магнитных линз требуется значительная мощность. В ранее выпускавшихся кинескопах с круглым экраном применялись пушки с магнитной фокусировкой; современные кинескопы с прямоугольным экраном имеют, как правило, прожекторы с электростатической фокусировкой как более экономичные и в то же время позволяющие получить диаметр луча в плоскости экрана в несколько десятых долей миллиметра. Очень тонкий луч в кинескопах с большим экраном даже нежелателен. Так, например, при высоте экрана 30 *см* и числе строк 625 на каждую строку приходится около 0,5 *мм* и при сечении луча меньше 0,2—0,3 *мм*<sup>2</sup>, рас-

стояние между строками оказалось бы больше высоты самой строки. Строчная структура изображения была бы очень заметной, что, конечно, ухудшило бы качество изображения.

Для получения изображения необходимо, чтобы вдоль каждой строки яркость свечения экрана изменялась в соответствии с распределением светлых и темных мест в передаваемом объекте. Яркость свечения экрана зависит от количества электронов, попадающих на каждый элемент экрана. Чем больше электронов попадает в какую-нибудь точку экрана, т. е. чем больше ток луча, тем ярче светится эта точка. Поэтому для управления яркостью свечения экрана в прожекторе должна иметься возможность управлять величиной тока луча.

Управление током луча осуществляется изменением напряжения диафрагмы с круглым отверстием, расположенной в непосредственной близости к катоду. Эта диафрагма называется *управляющим электродом* или *модулятором*. Расстояние между модулятором и катодом составляет всего 0,1—0,2 мм. Изменение напряжения модулятора изменяет электрическое поле у катода. При большом отрицательном относительно катода напряжении модулятора у поверхности катода создается тормозящее поле, и электроны не могут уходить от катода, ток луча равен нулю и прожектор «заперт». По мере уменьшения отрицательного напряжения модулятора электроны все в большей степени получают возможность проходить сквозь отверстие модулятора — ток луча увеличивается. Таким образом, действие модулятора аналогично действию управляющей сетки электронной лампы. К модулятору подводится «видеосигнал», создающий распределение яркости по поверхности экрана, необходимое для получения телевизионного изображения.

За модулятором устанавливается электрод, обычно представляющий собой цилиндр, внутри которого расположена диафрагма. Этот цилиндр называется *ускоряющим электродом*, и так как на него подается положительное напряжение, вблизи отверстия модулятора образуется сильная собирающая электростатическая линза. Эта первая линза прожектора ускоряет электроны, испускаемые катодом, и направляет их по путям, пересекающим ось прожектора за отверстием модулятора (рис. 2). Образующееся «скрещенье» электронных путей имеет диаметр меньше 0,1 мм. За скрещением электроны летят расходящимся пучком, и чтобы получить на экране небольшое светящееся пятно, надо расходящийся пучок электронов снова сфокусировать при помощи второй электронной линзы.

Вторая линза прожектора настраивается так, чтобы на экране получилось изображение скрещенья. Так как само скрещенье имеет малые

размеры, его изображение на экране — светящееся пятно — будет также небольшим. Современные электронные пушки, применяемые в кинескопах, имеют две или три электронные линзы. Трехлинзовые пушки часто используются в тех случаях,

когда необходимо применять ускоряющие напряжения, превышающие 10 000 в. В этих случаях ускоряющий электрод, расположенный в непосредственной близости к модулятору, имеет сравнительно невысокое напряжение 300—1 000 в, а за первым ускоряющим электродом размещается второй с напряжением 12—16 тыс. в. Между первым и вторым ускоряющими электродами образуется длиннофокусная собирающая линза, превращающая расходящийся пучок электронов в слегка сходящийся. Окончательное формирование электронного луча производится третьей, главной линзой прожектора.

Первая линза прожектора принципиально должна быть электростатической, так как, кроме фокусировки, необходимо ускорить электроны, вылетающие с катода. Вторая (или третья в трехлинзовой пушке) линза может быть как электростатической, так и магнитной. На рис. 3 схематически представлено устройство электронных прожекторов: *а* и *б* — с электростатической фокусировкой, *в* — с магнитной. Пунктиром показаны пути движения электронов. В прожекторе с магнитной фокусировкой главная линза выполняется в виде катушки, надеваемой снаружи на горловину трубки.

Настройка прожектора с магнитной фокусировкой производится изменением тока в фокусирующей катушке. Электростатические прожекторы настраиваются путем изменения напряжения на фокусирующем электроде. Как видно из рис. 3, главная линза прожектора с электростатической фокусировкой образуется вблизи первого анода, расположенного между ускоряющим электродом и вторым анодом. Изменение напряжения первого анода изменяет фокусное расстояние главной линзы, поэтому первый анод называют иногда *фокусирующим анодом*. Электростатическая фокусировка имеет интересную особенность. Если изменить напряжение всех электродов прожектора (модулятора, ускоряющего электрода, первого и второго анодов) в одинаковое число раз, форма электронных путей не изменится, т. е. фокусировка не нарушится. Поэтому в случае питания всех электродов прожектора от одного источника через делитель напря-

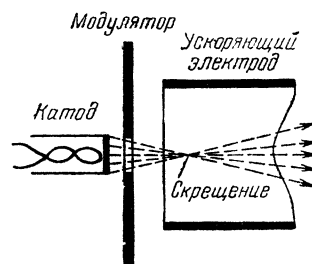


Рис. 2.

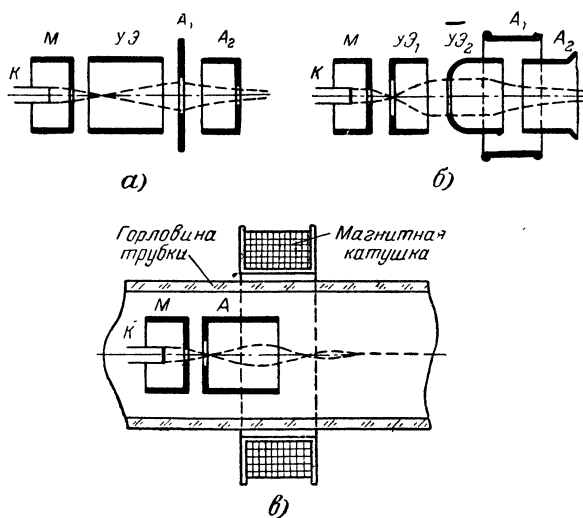


Рис. 3.

жения колебания напряжения источника питания не будут влиять на фокусировку. Один раз отрегулированный при каком-нибудь напряжении общего для всех электродов источника питания прожектор в дальнейшем никакой подстройки фокусировки не потребует. Поэтому современные телевизоры, имеющие кинескопы с электростатической фокусировкой, не снабжаются выведенной на панель управления ручкой «Фокусировка». Напряжение первого анода, соответствующее наилучшей фокусировке, устанавливается при замене кинескопа (и его первоначальной установке), а в процессе эксплуатации даже при значительных колебаниях напряжения сети питания телевизора заметного нарушения фокусировки не происходит. Фокусное же расстояние магнитной линзы изменяется при одновременном изменении ускоряющего напряжения и тока катушки в одинаковое число раз. Поэтому при использовании кинескопов с магнитной фокусировкой ее необходимо подстраивать при колебаниях напряжения сети, питающей телевизор. Телевизоры, в которых устанавливались кинескопы с магнитной фокусировкой, всегда имели на панели управления ручку «Фокусировка».

Для получения изображения необходимо осуществить развертку, т. е. заставить луч пробежать по всему экрану строки за строкой, кадр за кадром. Для перемещения луча в пространстве используются *отклоняющие катушки*: *строчная* — для перемещения луча по горизонтали (вдоль строки) и *кадровая* — для перемещения луча по вертикали (от строки к строке).

Отклонение электронного луча можно производить электрическим или магнитным полем, направленным перпендикулярно движению элект-

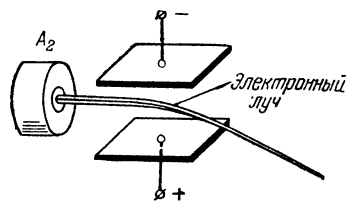


Рис. 4.

тронов. На рис. 4 показана электростатическая отклоняющая система. Сфокусированный электронный пучок, проходя в пространстве между двумя пластинками, к которым приложено напряжение («отклоняющее напряжение»), отклоняется в сторону положительно заряженной пластинки.

Однако благодаря тому что электроны пучка были ускорены в электронном прожекторе до входа в отклоняющую систему и имеют большую продольную скорость, путь электронов между пластинками будет подобен траектории камня, брошенного параллельно поверхности земли. Выйдя из пространства между пластинками, электроны пучка полетят по прямой, составляющей некоторый угол с осью системы. Следовательно, и светящееся пятно на экране, являющееся следом электронного луча, сместится относительно центра экрана. Очевидно, чем на больший угол отклонится луч в пространстве между пластинками, тем больше будет смещение пятна на экране. Напряжение между пластинками, необходимое для получения заданного угла отклонения луча, зависит от скорости электронов. Чем выше скорость (чем больше ускоряющее напряжение прожектора), тем больше должно быть напряжение, так как траекторию быстрых электронов труднее изменить.

Отклонение луча может быть получено с помощью магнитного поля. На рис. 5 показано движение электронов между полюсами электромагнита. Как видно из рисунка, на электрон действует сила, перпендикулярная как направлению движения, так и направлению магнитных силовых линий. Под действием этой силы пути электронов искривляются, и по выходе из магнитного поля электронный луч окажется отклоненным на некоторый угол. Величина угла отклонения будет тем больше, чем выше напряженность магнитного поля (чем «гуще» силовые ли-

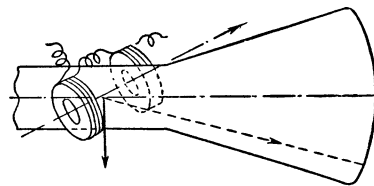


Рис. 5.



нии), чем длиннее область действия магнитного поля и чем медленнее движутся электроны. Однако в отличие от электростатического отклонения уменьшение угла отклонения с ростом ускоряющего напряжения прожектора при магнитном отклонении выражено в меньшей степени. Например, при увеличении ускоряющего напряжения прожектора в 4 раза угол отклонения электростатической системы уменьшится тоже в 4 раза, а угол отклонения магнитной системы только в 2 раза ( $\sqrt{4}$ ).

Магнитное отклонение осуществляется при помощи катушек, обтекаемых током, расположенных снаружи на горловине трубки. Помещать катушки внутрь колбы нет необходимости, так как магнитное поле свободно проникает сквозь стекло. Чтобы создать отклоняющее магнитное поле надо пропускать ток по катушкам, т. е. затрачивать энергию. Поэтому магнитные отклоняющие системы принципиально менее экономичны, чем электростатические. В то же время магнитное отклонение имеет такие преимущества перед электростатическим для кинескопов, что оно получило исключительное применение в современных телевизорах. Основным преимуществом магнитного отклонения является возможность осуществления угла отклонения, в несколько раз превышающего допустимый угол отклонения в электростатических системах. Так как длина колбы тем меньше, чем больше угол отклонения, кинескопы с электростатическим отклонением были бы в несколько раз длиннее современных кинескопов с магнитным отклонением.

Следующим существенным элементом кинескопа является экран, светящийся под ударами быстрых электронов. Вещества, обладающие способностью достаточно ярко светиться при «облучении» электронами, называются катодолюминофорами или просто люминофорами. Так как ни естественные, ни искусственно приготовленные люминофоры не обладают белым цветом свечения, экраны кинескопов приходится покрывать смесью двух люминофоров. Один люминофор — соединение солей цинка с серой — имеет голубой цвет свечения, а второй — соединение солей цинка, кадмия и серы — имеет дополнительное к белому желтое свечение.

В результате смешения голубого и желтого свечений создается впечатление белого цвета. Яркость свечения экрана зависит не только от числа электронов (тока луча), но и от скорости электронов, определяемой напряжением второго анода прожектора. Яркость свечения приблизительно пропорциональна квадрату ускоряющего напряжения. Так, например, при увеличении напряжения прожектора с 6 до 12 тыс. в яркость свечения экрана возрастет примерно

в 4 раза. Экраны кинескопов должны обладать большой яркостью свечения — ведь луч, обегая весь экран за  $1/25$  сек, облучает каждую точку ничтожно малое время (0,07 мксек) за которое, однако, должно возбуждаться достаточно яркое свечение, чтобы изображение было хорошо видно в нормально освещенной комнате. Чрезмерно увеличивать ток луча нецелесообразно по двум причинам. Во-первых, чем больше ток луча, тем хуже фокусировка. Во-вторых, большой ток вызывает нагревание экрана и постепенное разрушение люминофора — при большом токе луча экран скорее «выгорает». Поэтому ток луча современных кинескопов невелик и редко превышает 1 ма. Для получения же большой яркости свечения приходится увеличивать напряжение на втором аноде прожектора и при этом тем больше, чем больше экран кинескопа. Если для кинескопов с размером экрана 18 см было достаточно ускоряющее напряжение 8 000 в, то для кинескопов с диагональю экрана больше 50 см необходимо применять напряжение до 14—16 тыс. в.

Часть энергии электронов, приходящих на экран, затрачивается на возбуждение свечения люминофора, а часть — на выбивание из люминофора вторичных электронов. Вторичные электроны собираются графитовым покрытием, нанесенным изнутри колбы на стенки конуса, так как графитовое покрытие электрически соединено с вторым анодом прожектора и, следовательно, находится под высоким положительным напряжением. Если бы не было вторичных электронов, уходящих с экрана, отрицательный заряд, приносимый на экран электронами луча, накапливался бы на поверхности люминофора, и у экрана создалось бы тормозящее электрическое поле. В этом случае свечение экрана постепенно прекратилось бы.

В области катода образуются в небольшом количестве отрицательные ионы в результате захвата атомами кислорода медленных электронов. Эти ионы ускоряются положительным напряжением прожектора и, попадая на экран, быстро разрушают люминофор. Отклоняющая система отклоняет более тяжелые, чем электроны, ионы на очень небольшой угол, так что все ионы попадают в центральную область экрана, где люминофор теряет способность светиться; образуется темное «ионное» пятно, и кинескоп становится негодным к дальнейшей эксплуатации.

Во избежание появления ионного пятна необходимо воспрепятствовать попаданию ионов на экран. С этой целью во многих типах кинескопов применяется электронный прожектор с ионной «ловушкой». Устройство такого прожектора показано на рис. 6. Как видно из рисунка, первая часть прожектора — катод, модулятор и первый

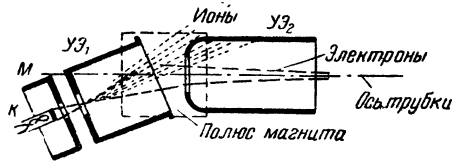


Рис. 6.

ускоряющий электрод — расположены под углом к оси проектора, а остальные электроды укреплены коаксиально. Снаружи горловины трубки устанавливается постоянный магнит, поле которого направляет «косой» поток электронов вдоль оси трубки. При этом ионы как более тяжелые частицы почти не отклоняются магнитом и не проходят в отверстие второго ускоряющего электрода. Благодаря этому они не попадают на экран и ионное пятно не может образоваться. Второй способ борьбы с ионным пятном, получивший распространение в новых типах кинескопов, состоит в «задержке» ионов перед самой поверхностью люминофора. Для этого на слой люминофора с внутренней стороны наносится тонкая (толщиной не более 0,001 мм) пленка алюминия. Быстрые электроны легко проходят через алюминиевую пленку и возбуждают свечение люминофора, а более «крупные» ионы «застревают» в алюминии и не попадают на люминофор. Алюминирование экрана имеет еще одно преимущество. Свет, испускаемый люминофором внутрь колбы, в отсутствие алюминиевой пленки просто поглощается графитовым покрытием, т. е. не используется. При наличии же алюминиевой пленки этот свет отражается от алюминия наружу, в сторону зрителя, вследствие чего яркость изображения увеличивается.

Днище колб кинескопов часто делают из «дымчатого» стекла для увеличения контраста изображения при рассматривании его в освещенном помещении. Свет от люминофора проходит сквозь дымчатое стекло, поглощающее часть световой энергии, только 1 раз — от люминофора к зрителю, а свет от внешнего источника — 2 раза: от источника к люминофору и затем, отразившись от люминофора, к зрителю. Поэтому свет от внешнего источника ослабляется значительно сильнее, чем свет от люминофора, благодаря чему контраст изображения повышается.

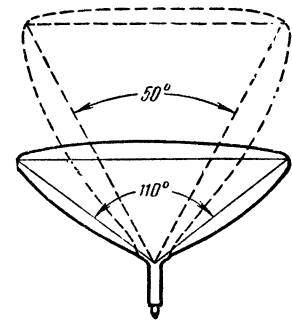


Рис. 7.

Все современные кинескопы имеют прямоугольный экран. Наиболее распространены кинескопы с диагональю экрана 35 и 43 см. В но-

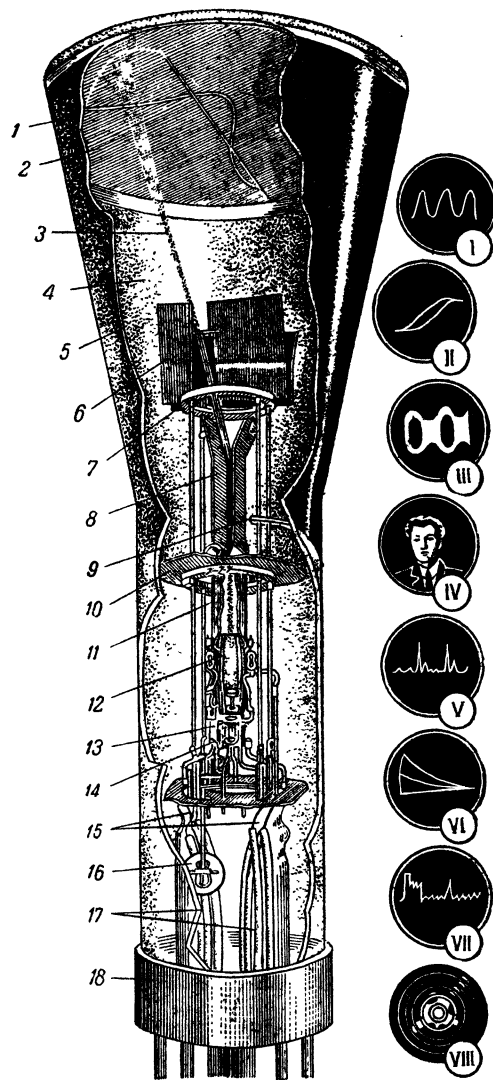


Рис. 8. Разрез электронно-лучевой трубки с электростатическим отклонением луча. Примеры некоторых применений электронно-лучевых трубок.

1 — исследование формы переменного тока, на экране трубки — кривая тока; II — исследование магнитных свойств материалов, на экране трубки — петля гистерезиса; III — измерение глубины модуляции, на экране трубки видна форма модулируемого сигнала; IV — телевидение, на экране приемной трубки кинескопа видно изображение; V — исследование физиологических процессов, на экране трубки можно, например, видеть кривые, характеризующие работу сердца; VI — на экране трубки видна кривая — индикаторная диаграмма, по которой можно судить о работе двигателя или машины (в данном случае — двигателя внутреннего сгорания); VII — экран радиолокационного индикатора кругового обзора; VIII — осциллограмма на экране трубки; 2 — светящееся покрытие экрана — люминофор; 3 — пучок электронов — электронный луч; 4 — графитовое покрытие внутренней стенки колбы; 5 — стеклянная колба; 6 — пластины, отклоняющие электронный луч в горизонтальной плоскости; 7 — изоляционное кольцо; 8 — пластины, отклоняющие электронный луч в вертикальной плоскости; 9 — контакт к графитовому покрытию; 10 — кольцо крепления; 11 — второй анод — ускоряющий электрод; 12 — первый анод — фокусирующий электрод; 13 — «сетка» — управляющий электрод; 14 — катод-подогреватель; 15 — металлические вводы; 16 — поглотитель остатков газа в колбе; 17 — изолированные соединительные провода; 18 — цоколь.

вых типах телевизоров применяются кинескопы с диагональю 47 и 59 см. Разрабатываются кинескопы с еще большим экраном — до 75 см. В то же время, несмотря на увеличение размеров экрана, длина современных кинескопов меньше, чем у ранее выпускавшихся, благодаря увеличению угла отклонения луча. Из рис. 7 видно, что увеличение угла отклонения с 50 до 110° позволило уменьшить длину кинескопа более чем вдвое. Поэтому все новые кинескопы имеют угол отклонения луча не меньше 100°.

Кинескопы, выпускаемые отечественной промышленностью, имеют типовое обозначение, состоящее из пяти элементов. На первом месте стоит число, обозначающее размер экрана (диаго-

наль) в сантиметрах, на втором месте стоит буква «Л», обозначающая принадлежность к группе электронно-лучевых приборов, следующая буква «К» — обозначение кинескопа, затем следует число — порядковый номер заводской разработки, и на последнем месте стоит буква «Б» обозначающая тип экрана с белым цветом свечения. Например, электронно-лучевая трубка типа 43ЛК9Б является кинескопом с диагональю экрана 43 см и белым цветом свечения экрана.

Разрез электронно-лучевой трубки с электростатическим отклонением луча показан на рис. 8. Там же приведены некоторые применения электронно-лучевых трубок.

## ЛИТЕРАТУРА

Г л а д к о в К. А., Телевидение и его применение, Воениздат, 1960 (Научно-популярная библиотека).

В книге рассказывается, что такое телевидение, как оно зародилось и развивалось, как оно служит человеку и как оно будет служить ему в будущем.

З а г и к С. Е. и К а л ч и н с к и й А. М., Приемные телевизионные антенны, изд. 3-е, переработанное, Госэнергоиздат, 1960 (Массовая радиобиблиотека).

Рассматриваются различные типы наружных и комнатных антенн метрового и дециметрового диапазонов волн, предназначенных для приема телевизионных программ. Даны практические рекомендации по выбору антенн для различных условий приема, а также по их изготовлению и установке. Описываемые антенны могут быть использованы также для работы в радиолучевых УКВ диапазонах.

К о с т и к о в В., Конструирование любительских телевизоров, изд-во ДОСААФ, 1961.

В книге рассматриваются вопросы проектирования, конструирования и монтажа телевизоров.

Много места уделяется налаживанию телевизоров.

А к у л и н и ч е в И. Т., Любительский телевизор, Госэнергоиздат, 1962 (Массовая радиобиблиотека).

В брошюре описан любительский телевизор с электронным стабилизатором напряжения. В телевизоре используется кинескоп с прямоугольным экраном. В описании указываются порядок испытания, регулировки и настройки телевизора, а также возможности упрощения схемы и замены деталей.

А л е к с е е в К. А., Настройка и регулировка телевизоров, изд-во технической литературы УССР, 1962.

Цель книги ознакомить читателей — телезрителей с массовыми телевизионными приемниками и уходом за ними.

В книге приведены краткие технические характеристики основных типов телевизоров, выпускаемых отечественной промышленностью, правила их эксплуатации, настройки и регулировки.

К о с т ы к о в Ю. В., Приемные телевизионные трубки, Госэнергоиздат, 1962 (Массовая радиобиблиотека).

В брошюре популярно изложены основные положения электронной оптики и физические процессы, происходящие в приемных телевизионных трубках.

М е т у з а л е м Е. В. и Р ы м а н о в Е. А., Телевизоры «Заря», «Заря-2», «Спутник», «Волхов». Госэнергоиздат, 1962 (Массовая радиобиблиотека).

Излагается методика определения и устранения характерных неисправностей телевизоров указанных ти-

пов для радиолюбителей-радиомехаников. Наряду с этим брошюра может служить пособием для широкого круга телезрителей по эксплуатации и уходу за телевизором.

А й с б е р г Е., Телевидение?.. Это очень просто! Перев. с франц. под редакцией А. Я. Брейтбарта, Госэнергоиздат, 1963 (Массовая радиобиблиотека). Готовится переиздание.

Как и первая книга Айсберга «Радио?.. Это очень просто!», книга о телевидении написана в той же необычной, занятой манере. Благодаря диалогу юных друзей Любознайкина и Незнайкина читатели знакомятся с телевидением.

Автор книги предупреждает, что для усвоения ее материала необходимо элементарное знакомство с радиотехникой, хотя бы в пределах книги «Радио?.. Это очень просто!»

«Эта книга, — пишет в предисловии Е. Айсберг, — не предназначена для конструкторов телевизионной аппаратуры. Ее целью является ознакомление с принципами работы.

Я старался, чтобы усвоение материала этой книги было возможно более легким, не поступаясь, однако, нигде истиной, не избегая трудностей и не опуская ничего, что было бы полезно будущему телевизионному специалисту».

Остроумные рисунки на полях, помогая усвоению текста, внесут веселую нотку в беседу наших молодых друзей.

Внимательно следуя за ними, читатель поймет все тайны телевидения и обогатит свои познания».

Е л ь я ш к е в и ч С. А., Проверка ламп в телевизорах, изд. 3-е, дополненное, Госэнергоиздат, 1963 (Массовая радиобиблиотека).

Среди неисправностей, которые случаются в телевизорах, наибольшее количество происходит вследствие выхода из строя ламп.

Заменить неисправную лампу легко, но сначала надо определить, какая именно лампа вышла из строя.

В брошюре даны краткие сведения в виде чертежей и таблиц, помогающих обнаружить неисправную лампу в 58 типах наиболее распространенных телевизоров. Рассказывается также о возможных неисправностях кинескопов.

Е л ь я ш к е в и ч С. А., Устранение неисправностей в телевизоре, изд. 3-е, переработанное, Госэнергоиздат, 1963 (Массовая радиобиблиотека).

В книге рассматриваются схемные особенности отдельных узлов и блоков современного телевизионного приемника и способы отыскания возникающих в них неисправностей.

Третье издание дополнено сведениями о 12-канальном переключателе телевизионных программ, схемах автоматической подстройки частоты и фазы строчной развертки, корректоре четкости.

Книга рассчитана на техников и руководителей радио- и телевизионных кружков.

Кузнец Л. М., Неисправности в телевизорах, Госэнергоиздат, 1963 (Массовая радиобиблиотека).

В брошюре изложены способы определения и устранения несложных неисправностей в телевизорах. Приведены фотографии внешних признаков характерных неисправностей в массовых телевизорах и рекомендации по их выявлению и устранению.

Метузале Е. В. и Рыманов Е. А., Телевизоры «Рубин», «Рубин-102», «Радий», Госэнергоиздат, 1963 (Массовая радиобиблиотека).

Рассмотрены схемные и конструктивные данные телевизоров «Рубин» всех моделей и «Радий». Изложена методика проверки настройки, определения и устранения характерных неисправностей телевизоров.

Сотников С. К., Переделка телевизоров устаревших моделей, Госэнергоиздат, 1963 (Массовая радиобиблиотека). Готовится переиздание.

Приводятся схемы включения многоканальных переключателей телевизионных каналов ПТП и ПТК в одно-канальные и трехканальные телевизоры. Описывается способ увеличения площади экрана путем замены кинескопа.

Степанян М. А., Покупателю о телевизорах Госторгиздат, 1963.

Это прежде всего рассказ о телевизорах, которые читатель может выбрать и купить, рекомендации по их установке и эксплуатации, условиях, необходимых для их нормальной работы.

Много места в книге уделяется ремонту и устранению простейших неисправностей.

Виноградов Л. Н., Учитесь ремонтировать свой телевизор, изд. 2-е, дополненное, изд-во «Связь» (Библиотека «Телевизионный прием»), 1964.

Книга представляет собой сборник рекомендаций по устранению простых неисправностей, общих для любых моделей телевизоров. В ней приведено большое количество иллюстраций внешнего вида деталей, радиоламп и схем расположения их в телевизорах, приемов ремонта. Это позволяет владельцу телевизора, незнакомому с внешним видом установленных в телевизоре деталей и радиоламп, отыскать их в телевизоре и при необходимости отремонтировать или заменить новыми.

Заключительная, третья, глава книги рассчитана на более подготовленного читателя. В ней рассказано, как определить причины неисправностей при помощи измерительного прибора — авометра — и как при этом пользоваться схемами, а также картами напряжений и сопоставлений ремонтируемого телевизора.

Книга может служить пособием для начинающих радиолюбителей, и, главным образом, для владельцев телевизоров, не имеющих специальной подготовки и незнакомых с радиотехникой.

Дедюкин Г. и Модестов Л., Охота за дальними телецентрами, изд-во «Знание», 1964.

Если Вы стремитесь расширить радиус приема своего телевизора, то данная книга поможет Вам в этом.

В ней популярно рассказывается, как распространяются ультракороткие волны и почему возможен дальний и сверхдальний прием телевидения.

Приводится материал об антеннах для дальнего и сверхдальнего приема и аппаратуре, необходимой для этого.

Залесов Т. Д., Ответы телезрителю, Лениздат, 1964.

Телезрители получают в этой книге ответы на 77 вопросов. В ней рассматриваются способы отыскания неисправностей в телевизионных приемниках, описаны

наиболее часто встречающиеся повреждения телевизоров, связанные с радиолампами, электролитическими конденсаторами и полупроводниковыми диодами. Кроме того, приводится много повседневно необходимых сведений справочного характера.

Ельшичев С. А., Справочник по телевизионным приемникам, изд. 3-е, обновленное, изд-во «Энергия», 1964.

Рассмотрению схем предшествует глава, в которой указываются особенности телевизоров последних выпусков. Наряду со справочными таблицами приводятся способы расчета отдельных узлов схем.

Маркус П., Практика телевизионного приема. Перев. с немецк., изд-во «Связь», 1964 (Библиотека «Телевизионный прием»).

Популярное учебное пособие по телевизионной приемной технике для радиомехаников телевизионных ателье и радиолюбителей.

В книге весьма наглядно объясняются сложные физические процессы, происходящие в телевизионном приемнике. Книга хорошо иллюстрирована большим числом ((свыше 300) оригинальных рисунков.

Метузале Е. В. и Рыманов Е. А., Телевизор «Рекорд», изд. 2-е, переработанное и дополненное, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

Брошюра знакомит с принципами работы телевизоров «Рекорд», «Рекорд-Б» и «Рекорд-12».

Приводятся перечень характерных неисправностей телевизора и методика их устранения. Даются подробные советы по эксплуатации и ремонту телевизора, установке и монтажу телевизионных антенн и рекомендации по устранению помех приему телевидения.

Пилтакян А. М., Радиолюбительские телевизионные конструкции, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

Описание несложных развертывающих устройств для кинескопов с углом отклонения луча 70 и 110°, простых переключателей телевизионных каналов, приемников сигналов изображения и звука, выполненных в виде отдельных блоков. Каждый блок дан в нескольких вариантах. Комбинируя блоки, радиолюбитель может построить самодельный телевизор той или иной конструкции. Даются сведения по настройке узлов телевизоров.

Самойлов Г. П., Ремонт развертывающих устройств телевизоров, изд. 3-е, переработанное и дополненное, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

В книге описаны принципы работы схем развертки и синхронизации телевизоров; приведены примеры неисправностей этих схем, указаны их причины и способы устранения.

Различные неисправности разверток иллюстрированы фотографиями искаженных телевизионных изображений.

Самойлов Г. П., Уход за телевизором, изд. 2-е, изд-во «Энергия», 1964.

Предназначенная для широкого круга телезрителей брошюра знакомит читателя с установкой телевизора, его эксплуатацией, заменой ламп и устранением простейших неисправностей.

Сикс А., Починить телевизор?.. Нет ничего проще! Перев. с франц. под редакцией А. Я. Брейтбарта, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

Ценность этой книги заключается в том, что в ней подробно исследованы многочисленные и разнообразные признаки неисправностей, изучение которых позволяет читателю самостоятельно разобраться в любых капризах не столь уж многочисленных вариантов схем телевизоров.

Не ограничиваясь вопросом поиска неисправностей, А. Сикс уделяет много внимания описанию физических процессов, происходящих в телевизоре.

В этом отношении книга А. Сикса дополняет книгу Е. Айсберга «Телевидение?... Это очень просто!», непосредственно заимствуя стиль изложения этой хорошо встреченной нашими читателями книги.

Соловейчик А. И., Справочник телезрителя, изд-во «Связь», 1964.

В этом справочнике читатель не найдет материала по технике телевидения. Здесь собраны правила обслуживания и ремонта телевизоров и телевизионных антенн телевизионными ателее и правила взимания платы за эти работы, а также абонементной платы за телевизоры.

Сотников С. К., Дальний прием телевидения, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

В брошюре описаны любительский телевизор и конструкции антенн для дальнего приема телевидения. Приводятся схемы антенных усилителей и рассматриваются способы борьбы с некоторыми видами помех при дальнем приеме телевидения. Дано описание простого прибора для настройки антенн.

Фельдман Л. Д., Как работает телевизор. Схемные особенности телевизоров, изд. 2-е, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

В книге рассматриваются полный телевизионный сигнал, функциональная схема современного телевизора и процессы, происходящие в элементарных цепях схемы и отдельных узлах схемы телевизора. На примере телевизора «Темп-3» рассмотрено назначение каждого элемента схемы.

Эта книга требует предварительной радиолюбительской подготовки, может быть полезной для регулировщиков телевизионных заводов и радиомехаников телевизионных ателее.

Фибранц А., Антенные устройства для приема телевидения и радиовещания. Перев. с немецк., изд-во «Связь», 1964 (Библиотека «Телевизионный прием»).

Книга посвящена практике применения антенных устройств для телевидения и радиовещания. В ней достаточно наглядно и просто излагаются основы теории приемных антенн и приводятся их электрические и конструктивные данные.

Книга может быть полезна широкому кругу радиолюбителей.

Берлинблат Е. П., Стабилизаторы напряжения для телевизоров, изд-во «Энергия», 1965 (Массовая радиобиблиотека).

Брошюра освещает вопросы, связанные с работой телевизоров в условиях нестабильной электросети и стабилизацией их питания. Изложены принципы действия феррорезонансных стабилизаторов напряжения. Приведены схемы, основные данные и особенности выпускаемых промышленностью стабилизаторов, характерные неисправности и способы их устранения.

Дубровский Н., Как устроить антенны для дальнего приема телевидения, изд-во «Беларусь», 1965.

В брошюре рассмотрены конструкции различных типов наружных антенн для дальнего приема телевидения. Даны практические рекомендации по выбору антенн при различных условиях приема, их изготовлению и установке.

Кузнец Л. М., Взаимозаменяемость и ремонт деталей в телевизорах, изд-во «Энергия», 1965 (Массовая радиобиблиотека).

В книге даются рекомендации по ремонту и восстановлению работоспособности неисправных деталей. По-

казаны возможности взаимозаменяемости ламп и других деталей и использование деталей от других типов телевизоров.

Самойлов Г. П., Простейший ремонт телевизоров, изд-во «Связь», 1965 (Библиотека «Телевизионный прием»).

Книга помогает владельцам телевизоров обнаружить неисправную лампу. Для этого даны карты 53 типов телевизоров, в каждой из которых указываются расположение и назначение ламп.

Костыков Ю. В. и Крыжановский В. Д., Основы телевидения, изд. 3-е, переработанное и дополненное, Воениздат, 1965.

В 20 главах книги обстоятельно излагаются основы черно-белого, цветного и объемного телевидения, освещается современное состояние телевизионной техники и рассматриваются вопросы применения телевидения в военном деле.

Книга предназначена для всех любителей телевидения, желающих углубить и систематизировать свои знания.

Фельдман Л. Д., Телевизионный прием, изд-во «Энергия», 1965 (Массовая радиобиблиотека).

В книге популярно изложены основы приемной телевизионной техники.

Рассмотрены особенности построения схем современного телевизора, вопросы борьбы с помехами телевидению, отыскания и устранения неисправностей в телевизоре, а также основные особенности технически правильной эксплуатации телевизоров.

В заключительной, восьмой, главе дано описание основных блоков телевизора «Рекорд-4» и его работы.

Фельдман Р. В. и Орехов В. В., Ремонт телевизоров, изд. 2-е, дополненное и переработанное, изд-во «Легкая индустрия», 1965.

В книге рассматриваются особенности ремонта телевизоров разных типов, связанные с различиями схем, узлов и блоков данного типа телевизора.

В первой главе описываются методы проверки телевизоров и их отдельных узлов по основным показателям.

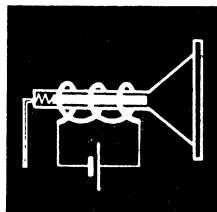
Во второй главе приведена общая методика обнаружения неисправностей и выявления неисправного канала, узла или каскада.

Третья глава посвящена описанию основных, наиболее распространенных, телевизоров: «Рубин» и его модификаций, включая «Алмаз», «Радий» и «Янтарь»; «Темп» и его модификаций, включая «Темп-7»; «Знамя», «Союз», «Знамя-58», «Знамя-58М»; «Рекорд» и его модификаций, включая «Воронеж» и «Неман»; «Старт» и его модификаций; «Енисей-3»; «Верховина» и «Львов-2»; «Заря», «Заря-2», «Спутник» и «Волхов»; телерадиол «Беларусь-110», «Концерт», «Харьков»; унифицированного телевизора «УНТ-35».

В четвертой главе рассмотрены вопросы ремонта отдельных узлов и деталей телевизора.

Пятая глава дает необходимые сведения о методике проведения радиоизмерений и аппаратуре, применяемой при ремонте и настройке телевизоров.

Второе издание дополнено материалами об особенностях ремонта телевизоров, имеющих автоматическую регулировку, а также сведениями по ремонту новых типов телевизоров.



## ДОСТИЖЕНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

### ЭКСКУРСИЯ В МИР РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ <sup>1</sup>

#### МИТИНГ МИЛЛИОНОВ

В. И. Ленин назвал радио «газетой без бумаги и без расстояний». Он считал радиовещание «гигантски важным делом», писал что с помощью радио «вся Россия будет слышать газету, читаемую в Москве».

Эти высказывания Владимира Ильича относятся к 1920 и 1921 годам. Через несколько лет слова В. И. Ленина начали сбываться. А сейчас вся наша страна слышит голос Москвы. Пройдет еще несколько лет и вся страна будет «видеть» Москву.

«Газета без бумаги и без расстояний» стала таким гигантским делом, что «тираж» ее уже превысил общий тираж газет на земном шаре. К началу 1964 г. ежегодный тираж газет в мире составлял около 300 млн. экз., а количество радиоприемников-телевизоров превышало 500 млн. экз. И, конечно, количество информации, которое получает каждый владелец радиоприемника или телевизора, значительно превышает содержание его привычной газеты. Да и вообще трудно подсчитать, какие культурные ценности несет каждый радиоприемник.

Теперь, когда в СССР работает около 85 млн. радиоприемников и телевизоров, обслуживаю-

щих примерно 150 млн. чел., мы снова вспоминаем слова великого Ленина о митинге миллионов. Так он образно назвал радио, и мы чувствуем силу воздействия митинга миллионов в минуты скорби и радости. Вся страна, затаив дыхание, радостно слушала сообщения о подвигах космонавтов, и склонив головы стояли мы у громкоговорителей и телевизоров 9 мая 1965 г. минуту молчания, вспоминая погибших в Великой Отечественной войне.

С каждым годом расширяется радиовещание в нашей стране и улучшается его звучание. В 132 городах СССР работали УКВ ЧМ станции к началу 1965 г. Более 7 тыс. радиоузлов работает в зоне действия этих станций и могут получать от них программы.

Из 70 млн. приемных установок примерно половину составляли радиотрансляционные точки (34 780 900 шт.). Проводное вещание совершенствуется. Оно экономично, просто в обслуживании и до сих пор его основным недостатком была однопрограммность. Не было выбора, а программа, предлагавшаяся абоненту, не всегда представляла собой лучший вариант с его точки зрения. Теперь начинает внедряться система трехпрограммного вещания, что является большим шагом вперед.

Но даже трехпрограммному проводному вещанию трудно конкурировать с отечественной

<sup>1</sup> По разным источникам.



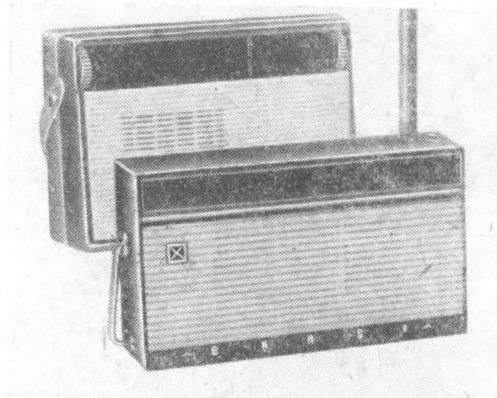
радиопромышленностью, наращивающей темпы выпуска радиоприемников и телевизоров при непрерывном повышении их качества.

### ДЕВЯТЬ МИЛЛИОНОВ РАДИОПРИЕМНИКОВ И ТЕЛЕВИЗОРОВ В ГОД

Почти 5,5 млн. радиоприемников поступило в продажу в 1965 г., в том числе около 2 млн. транзисторных. А телевизоров выпущено около 4-х млн. Таким образом, выпуск радиоприемников и телевизоров подходит уже к 10 млн. в год.

С каждым годом вся эта так называемая «бытовая радиоэлектроника» становится элегантнее, экономичнее и главное надежнее. В последнем немаловажную роль сыграло распространение Саратовской системы организации бездефектного изготовления продукции и сдачи ее с первого предъявления.

В каталоге радиол и радиоприемников 1965 г. мы насчитали 32 названия, в числе которых 18 радиол, две магнитолы («Рекорд» и «Миния»), магниторадиола «Романтика» и 11 радиоприемников. Среди транзисторных приемников мы находим

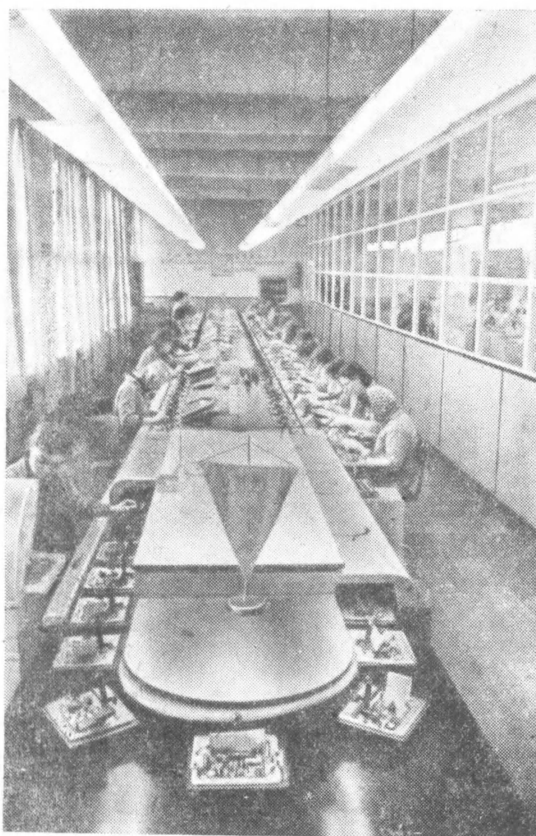


Новый транзисторный радиоприемник завода имени А. С. Попова «Банга».

ряд новых названий: «Альпинист», «Юпитер», «Нейва», «Селга», «Сатурн», «Алмаз» и др.

Вот новый радиоприемник рижского завода имени А. С. Попова «Банга». Собранный на десяти транзисторах и двух диодах, этот радиоприемник работает на средних и коротких волнах.

На базе получившего широкую известность в СССР и за рубежом приемника «Спидола» создан новый переносный приемник на десяти транзисторах «ВЭФ-транзистор». Он работает в диапазонах длинных, средних и коротких (25,

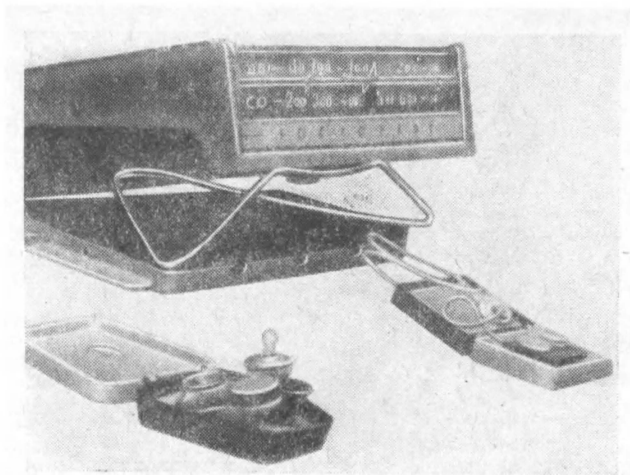


Транзисторный участок радиозавода имени А. С. Попова в Риге.



Завод ВЭФ (г. Рига). Техник Галина Гордеева с новым радиоприемником «ВЭФ-транзистор».





Радиоприемник «Космонавт» со своими младшими братьями транзисторными малютками «Микро» и «Эра».

31, 41 м) волн и питается от двух батарей для карманного фонаря типа КБС-Л-0,5 или шести элементов типа «Сатурн» общим напряжением 9 в. Выходная мощность приемника 0,15 Вт; диапазон воспроизводимых частот 350—3 500 Гц; размеры 280×230×92 мм; вес 2,2 кг.

Радиоприемник «Юпитер» имеет семь транзисторов и принимает передачи радиовещательных станций в диапазонах длинных и средних волн. К нему можно подключать наружную антенну и телефон, при включении которого громкоговоритель приемника автоматически отключается. «Юпитер» легко помещается в кармане (габариты 113×70×31 мм), но при желании его можно переносить с помощью футляра и наплечного ремешка. Питание приемника осуществляется от батарей «Крона-1 л» (20—25 ч работы), «Крона-ВЦ» (40—60 ч работы) общим напряжением 9 в. Вес приемника 260 г.

Переносные приемники «Селга», «Сатурн», «Сокол» и «Алмаз» весят на 120—150 г больше, чем «Юпитер». Их питание может осуществляться от батарей или аккумулятора 7Д-0,12 (12 ч работы и 100 циклов перезарядки) общим напряжением 9 в.

Оригинально оформление карманного радиоприемника «Сигнал». По всем показателям он ничем не отличается от приемника «Юпитер», кроме встроенных в корпус часов, механизм которых может включать приемник в заданное время.

Министерство электронной промышленности выпустило в свет микроминиатюрные приемники прямого усиления «Микро», «Эра-2М» и «Маяк-1». «Микро» (размеры его 30×43×75 мм) собран на шести транзисторах и весит всего 40 г. Он работает в диапазонах длинных и средних волн, а «Маяк» и «Эра-2м», содержащие по пять тран-

зисторов, принимают радиопередачи только в длинноволновом диапазоне. «Маяк-1» оформлен в виде броши, а «Эра-2м» можно поместить над ухом.

Когда просматриваешь каталог 1965 г. или видишь новые транзисторные приемники в витринах павильона «Радиоэлектроника» на ВДНХ, то невольно с гордостью вспоминаешь О. Лосева. В прекрасной статье о нем Г. А. Остроумов пишет: «Олег Владимирович завоевал мировую известность тем, что обнаружил (в 1922 г.) в детекторе из цинкита со стальным острием способность самовозбуждать в радиотехнических контурах незатухающие колебания. Этот принцип лег в основу безлампового радиоприемника, имеющего свойства лампового, — его назвали «кристадин» (кристаллический гетеродин)...

На новом этапе исследований Олег Владимирович прославился своим исследованием электропроводимости тончайших последовательных слоев кристаллов, начиная с поверхности... Эти его работы послужили экспериментальным обоснованием теории запирающего слоя в современном учении о полупроводниках»<sup>1</sup>.

Вот почему в центре экспозиции транзисторных приемников Политехнического музея в Москве стоит кристадин О. В. Лосева. Советская наука отдает этим дань трудам ученого-радиолобителя.

Транзисторные приемники сейчас очень популярны, но это не значит, что ламповая радиоаппаратура отошла на второй план.

Наши радиолы в большинстве ламповые. Они изящны, а главное отлично звучат. Конечно, прежде всего это относится к стереофоническим



В Политехническом музее.

Кристадин В. Лосева в окружении транзисторных приемников.

<sup>1</sup> Облик О. В. Лосева как ученого и человека. У истоков советской радиотехники, Горьковское книжное издательство, 1959.

радиолам «Симфония», «Беларусь-62», «Италмас», «Минск-65» и «Ригонда-С».

Разработанная и принятая в СССР система стереофонических передач с полярной модуляцией может приниматься и на обычные радиоприемники с помощью специальной приставки. Стереофоническое вещание сулит слушателям подлинно высококачественное звучание радиопередач.

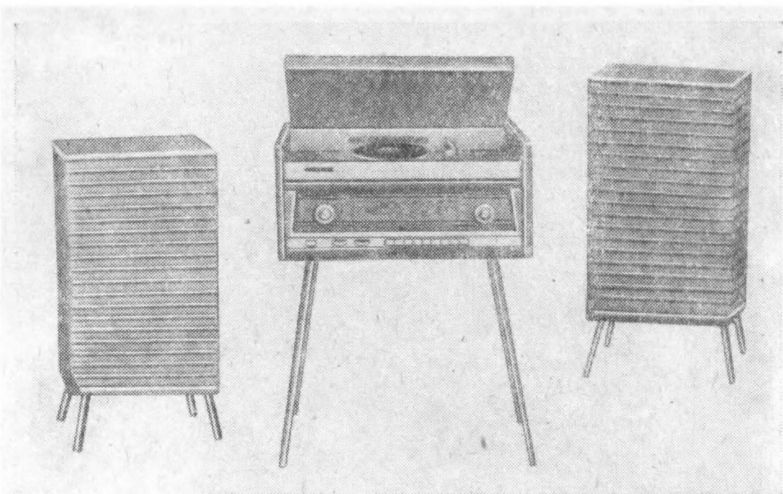
Стереофонические радиолы — многоламповые радиоустройства, содержащие в схеме от 17 ламп («Симфония») до 10 («Италмас» и «Ригонда-С»). Последняя состоит из приемника I класса на унифицированных узлах, стереофонического проигрывающего устройства и выносной акустической системы. Диапазонов пять: ДВ, СВ, КВ (два) и УКВ. Для приема станций в диапазонах ДВ и СВ применяется внутренняя поворотная магнитная антенна, для приема в УКВ диапазоне — внутренний диполь.

В радиоприемнике предусмотрены гнезда для подключения моно- и стереофонического магнитофона, плавная регулировка тембра (раздельно по высоким и низким звуковым частотам) и прием стереофонических программ по методу полярной модуляции в диапазоне УКВ с помощью специальной приставки. Электропроигрыватель имеет четыре скорости:  $16\frac{2}{3}$ ,  $33\frac{1}{3}$ , 45 и 78 об/мин. Автостоп и микролифт электропроигрывателя, для плавного опускания звукоснимателя на грампластинку, сохраняют пластинки при многократном проигрывании.

В радиоле применена высококачественная двухканальная стереофоническая система разнесенного типа, состоящая из двух идентичных звуковых колонок, в каждой из которых размещено по два громкоговорителя: типов 4ГД-28 и 1ГД-28. Полоса воспроизводимых частот 60—12 000 гц. Выходная мощность  $2 \times 2$  вт. Радиола выпускается заводом имени А. С. Попова в Риге в четырех вариантах. В первых двух вариантах лицевая панель отделана пластмассой, в остальных — деревом с металлической окантовкой. Размеры радиолы 670×400×875 мм. Вес ее 37 кг.

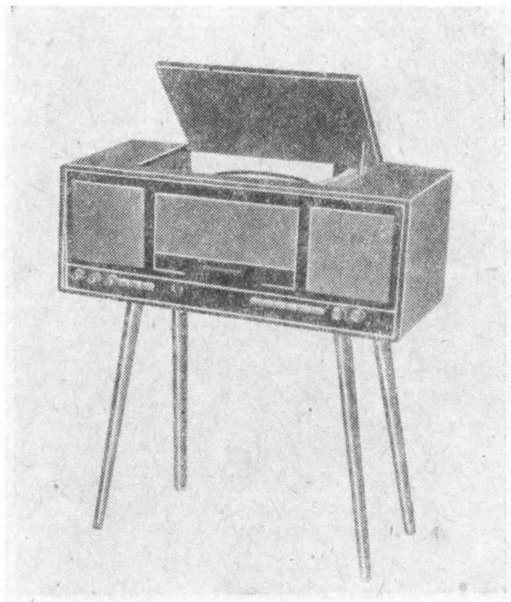
Выпускается монофонический вариант «Ригонды». Разработана стереофоническая транзисторная радиола «Авангард» на 16 транзисторах, работающая в трех диапазонах: ДВ, СВ, УКВ. Полоса воспроизводимых звуковых частот 100—10 000 гц. Пока еще в каталоге ее нет.

Представляет интерес радиола «Самоцвет», пользовавшаяся успехом на Лейпцигской выставке 1965 г. В радиоле имеется экран цветového



Стереофоническая радиола «Ригонда-С».

сопровождения музыкальных передач. Сочетание красок создается тремя группами ламп. Лампы красного цвета соответствуют низким звуковым частотам, синие — средним, а зеленые — высоким. Гамма ярких и сочных красок способствует (как утверждают конструкторы радиолы) более полному восприятию радиопередач и грамзаписи, особенно при прослушивании симфонической музыки. В радиоле применена акустическая система, состоящая из двух фронтальных громкоговорителей 2ГД-28. Выносное переговорное устройство (громкоговоритель типа 1ГД-18) может служить для переговоров внутри квартиры. Полоса воспроизводимых звуковых частот радиолы



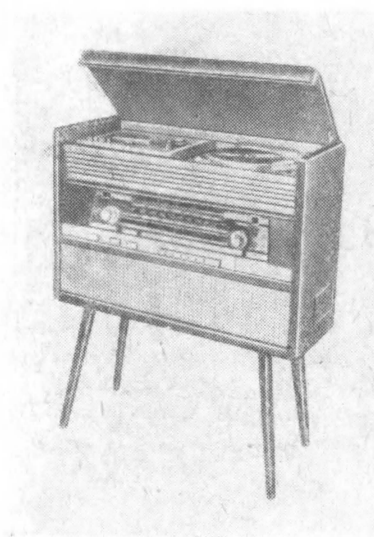
Радиола «Самоцвет».



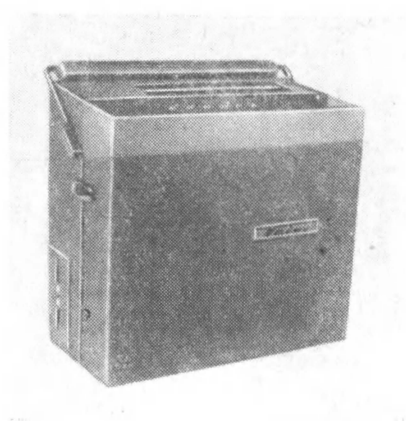
Магнитола «Рекорд».

80—10 000 гц, размеры 625×285×255 мм, вес 17,7 кг. Она делается в настольном и напольном оформлении. Выпускаются также ее разновидности: радиолы «Гамма» и «Акация», не имеющие переговорного устройства.

Радует приятным звуком, изяществом форм и красивой отделкой серия новых массовых радиол, состоящих каждая из пятилампового радиоприемника III класса и электропроигрывающего устройства. Это радиолы на унифицированных узлах «Агат», «Ангара», «Сибирь», «Сириус», «Чайка». Все они имеют три диапазона: ДВ, СВ и УКВ, полосу воспроизводимых звуковых частот 150—7 000 гц и вес 14 кг. Тот же пятиламповый радиоприемник, но в сочетании с магнито-



Магниторадиола «Романтика».



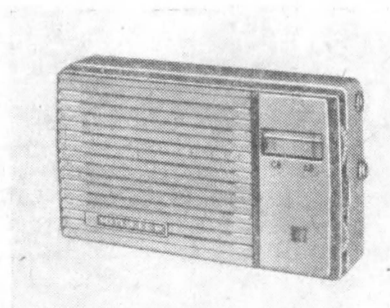
Радиола «Отдых».

фоном вместо проигрывателя представляет собой магнитолау «Рекорд», а сочетание восьмилампового радиоприемника I класса с магнитофоном «Вильняле» называется магнитолай «Миния». Здесь имеется КВ диапазон (разбитый на два поддиапазона), кроме трех диапазонов, присущих приемникам III класса. Магнитофон двухдорожечный. Скорость движения ленты 9,53 см/сек.

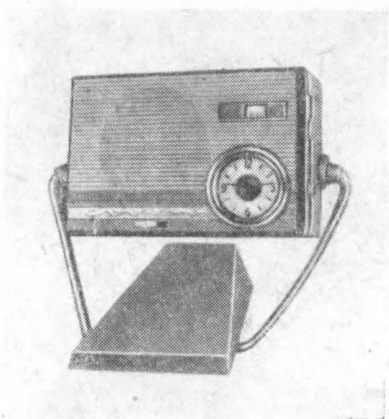
Если к тем же компонентам, которыми располагает магнитола «Миния», прибавить электропроигрыватель (скорости 33<sup>1</sup>/<sub>3</sub>, 45 и 78 об/мин), то этот радиокомбайн будет представлять собой магниторадиолу «Романтика». Она выпускается в трех вариантах внешнего оформления.

Привлекают внимание новые транзисторные радиолы. Переносная «Отдых» весит 6 кг. Она состоит из трехдиапазонного радиоприемника (ДВ, СВ и КВ) и электропроигрывающего устройства. Упаковка для переноски очень удобна, а стоит раскрыть ее, и она превращается в радиолу, оформленную в виде проигрывателя.

Транзисторная радиола «Эфир-М» стационарная. Она состоит из радиоприемника на десяти транзисторах и электропроигрывающего устройства. В приемнике, кроме диапазонов длинных



Транзисторный радиоприемник «Юпитер».



Транзисторный радиоприемник  
«Сигнал».

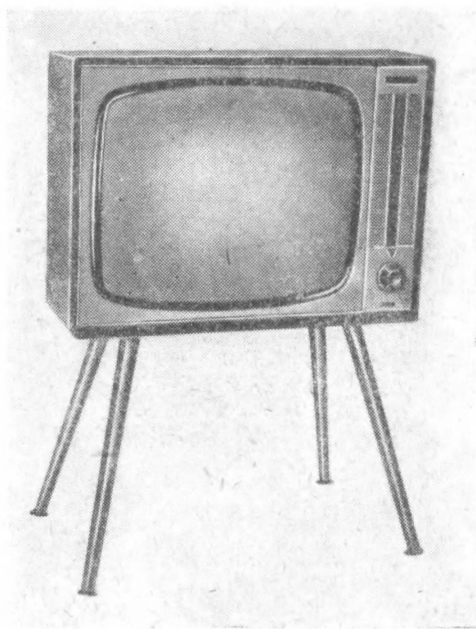
и средних волн, имеются три коротковолновых диапазона. Из них два растянутых и один полурастянутый. Прием производится на внешнюю антенну. Акустическая система состоит из двух громкоговорителей типа 1ГД-28.

Как видите, перечень радиол и радиоприемников, выпускаемых отечественной радиопромышленностью, содержит много новинок. Немало их и в телевизионных салонах наших магазинов.

В нынешнем году заводы начали выпуск пяти новых типов телевизоров, из них три — унифицированных: УНТ-35 (цифра означает размер экрана по диагонали), УНТ-47 и УНТ-59. Число новых моделей достигнет 18. Телевизоры УНТ-35 выгодно отличаются от предшествующих моделей телевизоров III класса. В них использован кинескоп с отклонением электронного луча 70°; применение автоматики упрощает обращение с телевизорами. На основе этой базовой модели выпускаются телевизоры «Рекорд-64», «Рассвет», «Рекорд-6». Цена этих телевизоров 210 руб.

На базе унифицированных телевизоров УНТ-47-59 выпускаются девять телевизоров новых марок: «Электрон», «Рубин-106», «Рубин-107», «Березка», «Чайка», «Восход», «Изумруд», «Зорька» и «Огонек». Первые три: УНТ-59, а остальные УНТ-47.

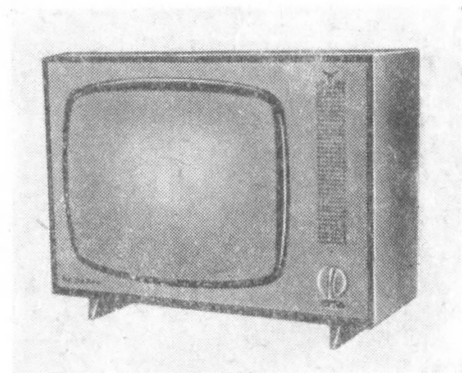
В новых телевизорах используются взрывобезопасные кинескопы со спрямленными углами и отклонением электронного луча 110°. Первое свойство позволило отказаться от защитного стекла, а второе — уменьшить длину кинескопа и сделать футляр телевизора более узким. Экран аллюминирован, что улучшает контрастность, повышает яркость изображения и позволяет смотреть передачи даже при небольшой освещенности комнаты.



Телевизор «Электрон».

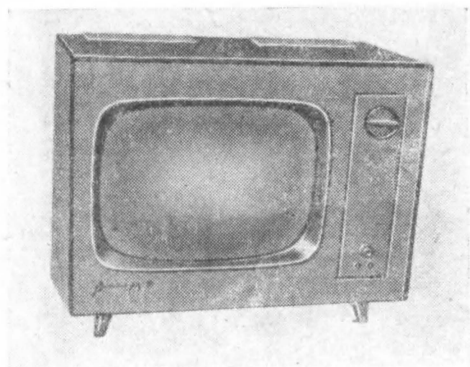
В новых телевизорах введен ряд новшеств, позволяющих слушать звуковое сопровождение на головные телефоны при отключенных громкоговорителях, вести высококачественную запись звукового сопровождения на магнитофон, дистанционно управлять громкостью и яркостью (подключается выносной пульт) и, наконец, подключать двухречевую приставку, чтобы принимать на выбор звуковое сопровождение на русском или других языках. Все новые телевизоры 12-канальные.

Новые телевизоры выпускаются в настольном и напольном оформлении. Цена телевизоров УНТ-59 установлена от 414 до 430 руб. в зависимости от внешнего оформления, а УНТ-47 —



Телевизор «Березка».





Телевизор «Рекорд-64».

от 342 до 354 руб. Гарантийный срок для всех телевизоров — годовой.

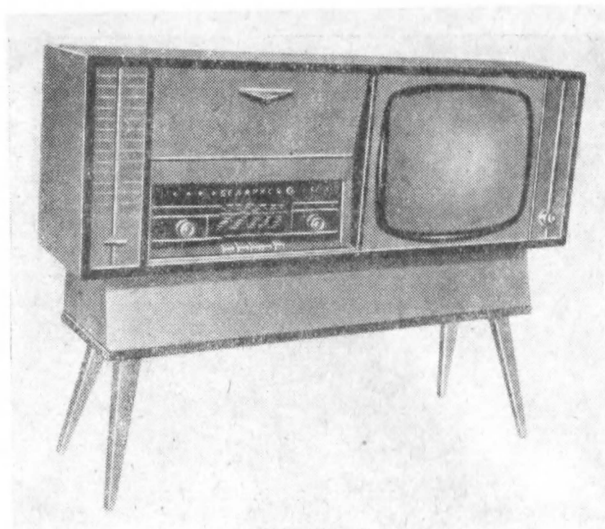
Выпущен первый транзисторный малогабаритный переносный телевизор «Юность» с размером экрана по диагонали 23 см. В его схеме используются 31 транзистор и 18 полупроводниковых диодов. Специально разработанный кинескоп (23ЛК9Б) с отклонением луча  $90^\circ$  дает достаточно яркое изображение размером  $140 \times 190$  мм. Питание телевизора универсальное, от аккумуляторов или от сети переменного тока напряжением 127 и 220 в.

Унификация телевизионной аппаратуры значительно повышает ее качество, надежность и облегчает ремонт. В среднем надежность телевизоров с 1962 по 1964 г. повысилась в 2 раза. Надо думать, что теперь они станут еще надежнее.

#### СВЕРХДАЛЬНЯЯ РАДИОТЕЛЕВИЗИОННАЯ ТРАССА

Важной проблемой для развития телевидения, как уже отмечалось, стало преодоление расстояний. Строительство радиорелейных линий — вполне оправдавший себя путь решения этой проблемы (подробно см. на стр. 303). Теперь мы стали свидетелями нового триумфа советской науки и техники. 23 апреля 1965 г. в СССР был осуществлен запуск на высокую эллиптическую орбиту спутника связи «Молния-1». Спутник введен на орбиту с апогеем 39 380 км в Северном полушарии и перигеем 497 км — в Южном. Период обращения спутника 11 ч 48 м\*. Электропитание бортовой аппаратуры производится от солнечных батарей и химических источников тока. В последующем произведена коррекция

\* Как известно, 2 мая 1965 г. произведена была коррекция орбиты для обеспечения более продолжительной и благоприятной радиовидимости Москвы и Владивостока. Параметры новой орбиты: период обращения 12 ч, перигей 548 км, апогей 39 957 км.

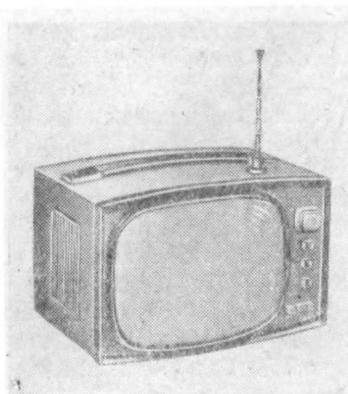


Телерадиола «Беларусь-7» (2-й вариант).

орбиты для улучшения видимости и продолжительности сеансов.

Задача этого искусственного спутника Земли — отработка системы дальней телевизионной и многоканальной телефонной связи между удаленными пунктами Советского Союза. Резко вытянутая орбита спутника дает возможность установить на несколько часов ежесуточную связь между удаленными пунктами СССР.

Телевизионные программы могут передаваться из центра Европейской части СССР на Дальний Восток или в обратном направлении. 23 апреля была проведена первая телевизионная передача с берегов Тихого океана через Космос. Снимок диктора Владивостока Нелли Маркидоновой на экране телевизора облетел в следующие дни многие газеты. Теперь же часто можно слышать «Алло, соединяю Космос» — этой фразой московские телефонистки начинают телефонные разговоры между Москвой и Владивостоком, орга-



Переносный телевизор «Юность».

низованные через спутник «Молния-1». По этим же каналам передаются фотоснимки.

Огромный интерес; проявленный к новому блестящему достижению со стороны радиолобителей, заставляет нас более подробно осветить вопрос об использовании ИСЗ для целей связи.

Мы приводим ниже сокращенный несколько материал, представленный для ТАСС чл.-корр. АН СССР А. А. Пистолькорсом.

Находясь на высоте нескольких сотен или тысяч километров, искусственный спутник Земли (ИСЗ) может быть виден одновременно из двух пунктов земного шара, расстояние между которыми составляет несколько тысяч километров. Принимая радиосигналы из одного пункта и транслируя их в другой, ИСЗ позволяет сравнительно просто осуществить радиотелефонную и телевизионную связь.

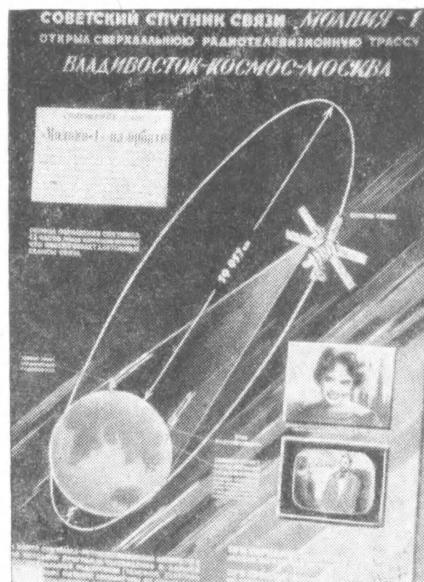
Однако принципиально простая задача связи через спутник наталкивается на ряд технических трудностей. В первую очередь необходимо решить вопрос об орбите спутника. Для спутника, обращающегося на высоте 1700 км по круговой орбите, проходящей через полюс, время, в течение которого возможны связи между пунктами, отдаленными друг от друга на расстояние 6—7 тыс. км, составляет всего 7 мин. в течение суток. Чтобы увеличить это время, используют эллиптические орбиты, когда с одной стороны Земли — в перигее орбиты — высота спутника очень мала (несколько сотен километров), а с другой — в апогее — она составляет несколько тысяч километров. Так, у запущенного в США искусственного спутника «Телестар», через который, в частности, передавалась из Америки в Европу телевизионная программа во время похорон президента Джона Кеннеди, высота в перигее была 850 км, а в апогее 9 500 км. Длительность передачи при этом составляла около получаса.

Если запустить спутник на круговую орбиту, лежащую на высоте 36 000 км над экватором Земли, то период его обращения будет тот же, что и у Земли, и спутник будет висеть неподвижно в небе над определенной точкой Земли. Трех таких спутников, называемых стационарными, будет достаточно, чтобы охватить связью через них всю Землю.

При реализации связи через спутник возникает и другой вопрос; применять ли пассивные или активные спутники?

Первые предназначены для простого отражения в различных направлениях радиоволн, посылаемых остронаправленной антенной передатчика.

Практически для связи на дальние расстояния пригодны лишь активные спутники, каким и является «Молния-1».



Плакат, посвященный советскому спутнику связи «Молния-1» в Политехническом музее.

Активный спутник должен иметь на борту антенну для приема сигналов с Земли, приемник, усилитель, передатчик и специальную антенну для излучения на Землю в заданных направлениях. Диапазоны волн, отводимые для передачи с Земли на спутники и обратно, лежат в области сантиметровых волн.

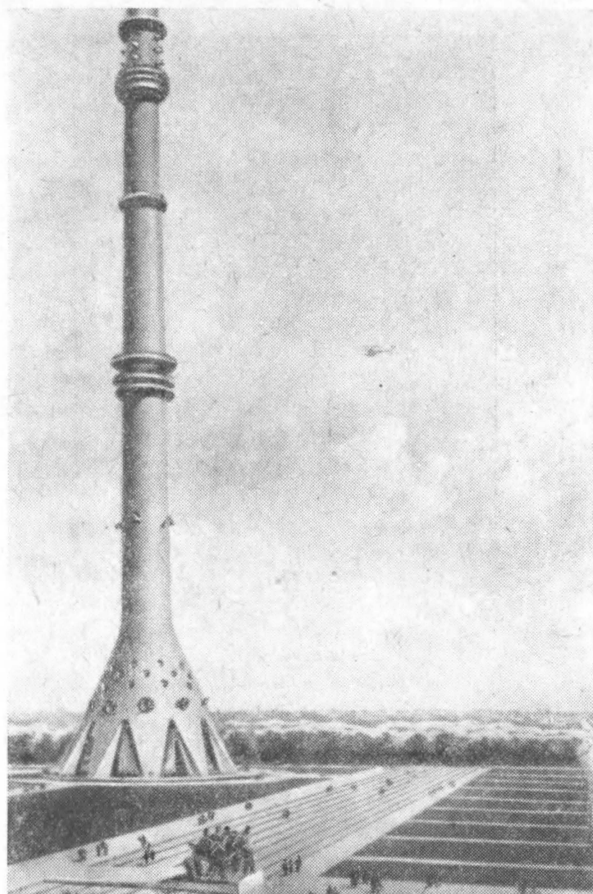
Для приема слабых сигналов, приходящих со спутника, на Земле применяются остронаправленные антенны в виде круглых параболических зеркал диаметром 20—30 м или антенны других типов и чувствительная приемная аппаратура. Антенны должны поворачиваться, следя за спутником при его движении. Такого же типа антенны используются и для передачи на спутник.

Принятые со спутника телевизионные передачи усиливаются и поступают на наземные телевизионные станции или в междугородную телевизионную связь. С увеличением мощности бортовых передатчиков число телефонных каналов может возрасти до многих тысяч.

Искусственные спутники Земли типа «Молния-1» ценны в первую очередь как средство передачи программ Центрального телевидения на дальние расстояния.

В заключение скажем о строительстве нового общесоюзного телецентра в Москве (в Останкино).

Будущий телецентр сооружается из железобетона, стекла и алюминия. Нижний пояс здания четырехэтажный длиной около 400 и шириной



Общий вид строящейся в Москве (Останкино) телевизионной башни (проект).

100 м, а в центре здание переходит в 12-этажный корпус. Общая площадь всех помещений 105 тыс. м<sup>2</sup>. Здесь будет 18 студий, две из них с площадью по 1 тыс. м<sup>2</sup>. Рядом со зданием центра разместится радиопередающая станция телевидения — железобетонная башня высотой 520 м. В башне расположатся передатчики и мощные радиостанции УКВ ЧМ вещания. Эта станция

рассчитана на одновременную передачу шести программ: одной цветной и пяти черно-белых.

Строительство общесоюзного телецентра должно быть закончено и сдано в эксплуатацию к концу 1968 г. Первая очередь телецентра вступит в строй 7 ноября 1967 г. — в дни празднования 50-летия Великого Октября.

## ПРОМЫШЛЕННОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ

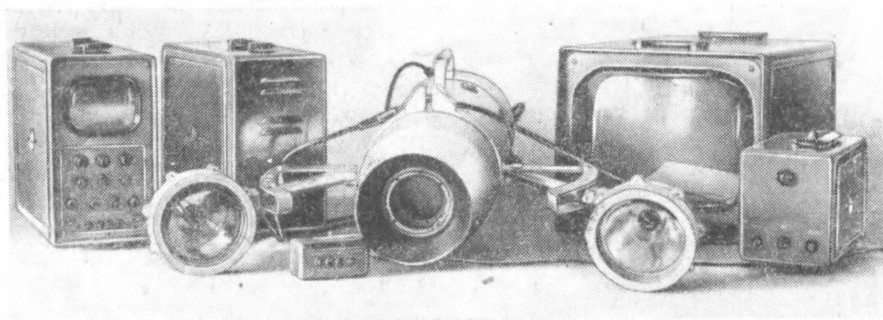
Так быстро вошедшее в наш быт телевизионное вещание имеет соседа — промышленное телевидение. Появились новые телевизионные устройства, которые помогают производству, медицине, науке. У диспетчеров наших заводов все чаще и чаще можно встретить телевизоры, с помощью которых они наблюдают за работой станков автоматических линий и узлов. На Магнитогорском металлургическом комбинате применение телевизионной техники началось еще 10 лет назад. При ее помощи диспетчер контролирует работу доменных, мартеновских, прокатных и других цехов. Во многих речных и морских портах диспетчеры пользуются промышленными телевизионными установками для наблюдения за состоянием причалов и грузовых площадок.

Для обзора путей, перронов и парков станций находит применение железнодорожная телевизионная установка. Кнопочное управление камерой позволяет переключать ее объективы, перемещать их вверх, вниз, вправо или влево.

На некоторых электростанциях телекамеры служат для контроля уровня воды в водомерных стеклах, расположенных на большой высоте у котлов.

Аппаратура цветного телевидения используется для хирургических операций. С ее помощью студенты и врачи могут наблюдать в естественном цвете уникальные операции, которые ведут крупнейшие хирурги.

В СССР разработано несколько установок промышленного телевидения. Одна из них имеет



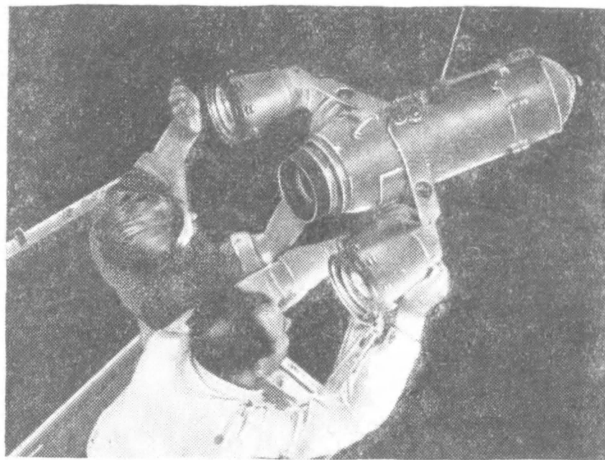
Подводная телевизионная установка.



12 передающих камер и позволяет вести наблюдения за неподвижными и движущимися объектами. К ней можно подключить до пяти телевизоров. Сигналы изображения передаются по кабельным линиям. Максимальное расстояние от передающей камеры до блока коммутации 1 000 м и от блока канала до телевизоров 1 500 м. По своему выбору диспетчер может включить любую камеру, находящуюся, например, в труднодоступном или вредном для человека месте, видеть показания приборов, работу аппаратов и наблюдать за всем происходящим в зоне «видимости» камеры. Любая передающая камера может воспроизводить показания нескольких групп приборов или работу нескольких аппаратов, так как она имеет дистанционно управляемое поворотное устройство и оптические головки с различными объектами.

Широкое распространение получают подводные телевизионные установки, служащие для наблюдения за ходом работ под водой. Передающая камера этой установки заключена в герметический кожух (батисферу), которую под водой перемещает водолаз или оператор с аквалангом.

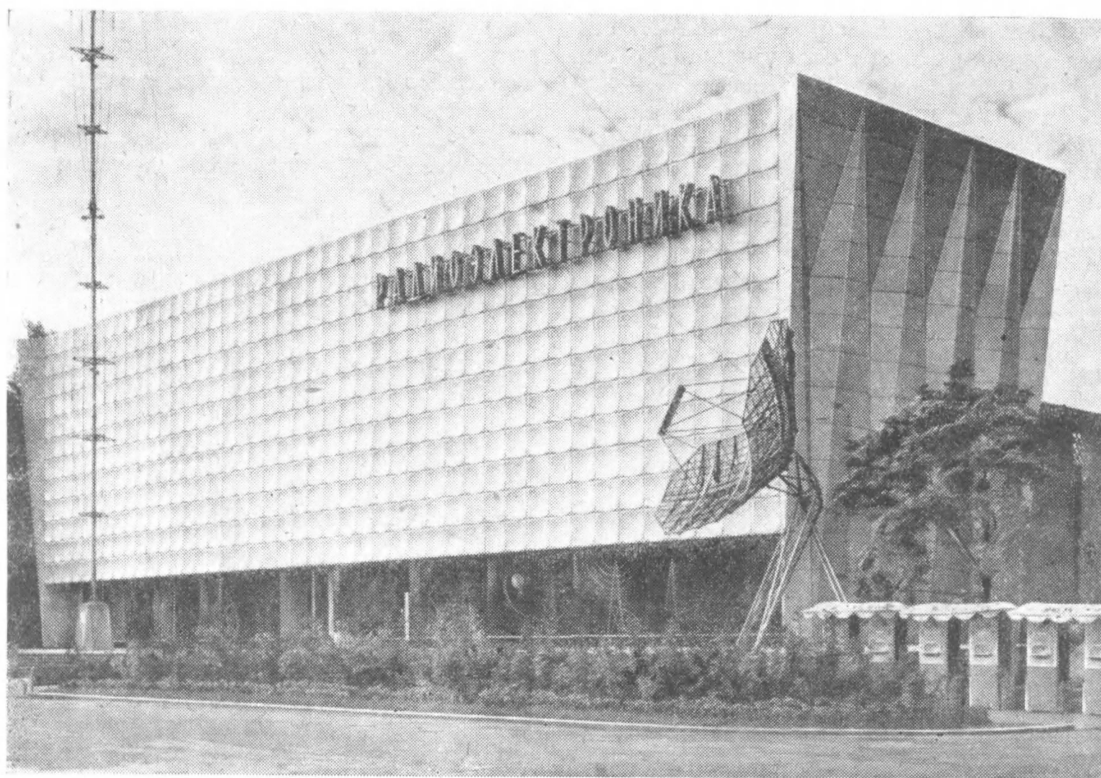
Камера подводной установки имеет высокочувствительную трубку, обеспечивающую достаточно яркое изображение без дополнительного подсвечивания. При слабой освещенности и в пас-



Научно-промысловое судно «Академик Книпович»: Ст. инженер В. Кочетков (слева) и акустик А. Исаев готовят камеру подводного телевидения к спуску под воду.

мурную погоду включаются дополнительные светильники.

Для того чтобы провести нашу экскурсию в мир радиоэлектроники, мы поехали на ВДНХ и, конечно, прежде всего в павильон «Радиоэлектроника». Но там мы нашли только радиоприемники, радиолы и телевизоры, большую



Павильон «Радиоэлектроника» на Выставке достижений народного хозяйства.

выставку измерительной аппаратуры, аппаратуру электро- и радиосвязи, а многого, что нам хотелось увидеть и о чем хотели рассказать нашим читателям, мы в павильоне не нашли. И это не было для нас сюрпризом. Пять лет назад, в предыдущем издании Хрестоматии, мы кончали эту статью выдержкой из программы КПСС: «Получат широкое применение кибернетика, электронные счетно-решающие и управляющие устройства в производственных процессах промышленности, строительной индустрии и транспорте, в научных исследованиях, в плановых и проектно-конструкторских расчетах, в сфере учета и управления».

«И можно не сомневаться (писали мы), что с каждым годом экспонаты радиоэлектронной техники станут заполнять все большее количество павильонов ВДНХ».

Так и произошло. Теперь Выставка достижений народного хозяйства как нельзя лучше демонстрирует роль радиоэлектроники для исследований в самых различных областях науки и особенно прикладной математики, в области техники и производства.

Почти в любом павильоне промышленности мы находим различные радиотехнические или электронные приборы. А вычислительные машины вообще получили отдельный павильон рядом с павильоном «Радиоэлектроника». Мы зайдем не только в него. Нам повезло. На ВДНХ в момент нашего посещения функционировала международная выставка ИНФОРГА-65 — совместное мероприятие стран — участниц Совета экономической взаимопомощи, на которой демонстрировались средства механизации, автоматизации подготовки и поиска научно-технической информации инженерного и управленческого труда. На этой выставке содружества стран социализма демонстрировались и вычислительные машины. О них мы и поведем теперь речь.

### ЭЛЕКТРОННЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Замечательные свойства электронных вычислительных машин выявились примерно 15 лет назад. За это время наметилось несколько основных направлений развития этих машин. Одно из них служит для научных исследований и сложных расчетов в различных областях науки (космонавтика, атомная энергия, автоматика, аэродинамика, электронная оптика, астрономия, математика, метеорология, баллистика, кристаллография) и дает возможность решать такие научные и технические задачи, которые не осуществлялись в течение многих лет только потому, что эти вычисления иногда требовали целой жизни человека.

Второе направление — управление при помощи электронных машин различными процессами («управляющие машины»). Такие машины регулируют технологический процесс или командуют действиями какого-нибудь сложного агрегата, учитывая непрерывно меняющиеся условия, что повышает точность ведения процесса, увеличивает выход полезного продукта и улучшает его качество.

Третье направление — экономический анализ в отдельных отраслях народного хозяйства, определение необходимых затрат сырья, топлива, металла, труда.

Широкое внедрение в работу вычислительных и конструкторских бюро и в научные исследования методов машинной математики дает колоссальный экономический эффект.

В строительстве, машиностроении зачастую проектная мощность превышала необходимую в 5—10 раз. Этот излишек в расходе материалов, времени и рабочей силы называют «коэффициентом незнания». Пользование им вызывается тем, что свойства материалов не всегда точно известны, расчеты прочности основаны на приближенных представлениях и что точный расчет требует слишком много времени.

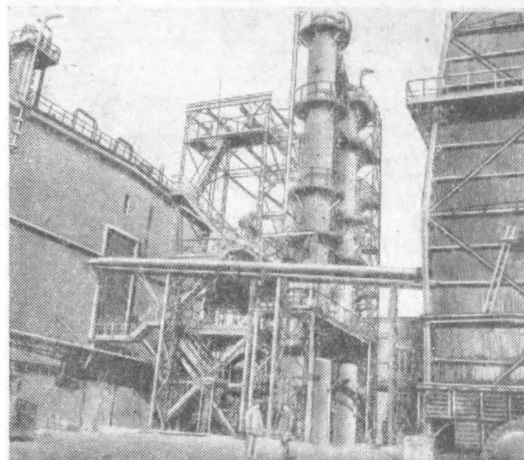
Применение вычислительных машин в этих случаях исключает «коэффициент незнания», позволяет выбрать наиболее правильную форму конструкций; материал для них устранит возможные опасные перенапряжения в отдельных узлах, сэкономив материал и повысив общую надежность машины или здания.

Электронные вычислительные машины делятся на два типа: цифровые и машины непрерывного действия, называемые также аналоговыми или моделирующими. В машинах непрерывного действия (аналоговых) математические величины воспроизводятся в виде непрерывных значений каких-либо физических величин, например отрезками времени (на линейке), углами поворота, напряжением электрического тока, магнитным потоком. Точность такого моделирования и получаемого решения задачи меньше, но зато и ответ получается мгновенно, что зачастую в инженерных расчетах важнее большой точности.

Новейшие электронные вычислительные машины позволяют выполнять десятки тысяч операций в секунду.

Применение электронной вычислительной машины при проектировании сложного инженерного сооружения сокращает затраты времени на расчеты в 250 раз.

Электронно-управляющая машина «Днепр», созданная советскими учеными и инженерами, действует в цехе этилбензола Горловского азотно-тукового завода в Донбассе. Она используется



Электронно-управляющая машина «Днепр»: пульт управления слева, этилбензоловая установка справа.

здесь в качестве советчика. Ее специальное устройство непрерывно получает информацию из цеха по поступлении в агрегат сырья — о температуре, давлении, других показаниях и обрабатывает 16 тыс. операций в секунду, анализирует и обеспечивает выполнение заданной программы.

Специализированная электронная вычислительная машина для расчета ткани ЭМРТ-2 предназначена для определения оптимального варианта раскроя кусков ткани. На этой машине при расчете кусков ткани нормальной технической длины остатки можно свести к нулю, а при расчете коротких кусков процент концевых остатков можно довести до 0,05. Применение машины резко повышает производительность труда расчетчиков и улучшает культуру производства.

На выставке Инфорга-65 с успехом демонстрировалась универсальная цифровая вычислительная машина «Раздан-3», разработанная в СССР. Она предназначена для решения задач математики, может применяться в вычислительных центрах, крупных научно-исследовательских институтах для решения широкого круга научных, инженерно-технических, планово-экономических и статистических задач. Как многие современные электронные вычислительные машины, она выполнена на полупроводниковых приборах с широким применением унифицированных узлов и блоков. Схемы выполнены на печатном монтаже. Средняя скорость вычислений 20—25 тыс. операций в секунду.

Электронные вычислительные машины нашли применение для перевода текстов с одного языка на другой.

Ведутся разработки машин-переводчиков, которые заменят переводчиков на конференциях и различных совещаниях, машин, читающих слепым вслух печатный текст.

Для расшифровки разрушенных временем пергаментов, найденных на берегу Мертвого моря в Иордании, сортировки обрывков их, археологи использовали вычислительную машину. Тексты записи и обрывки их вводились в кодированном виде в машину. Она анализировала слова, предшествовавшие разрушенным участкам записей (пробелам), и вычисляла число букв, которое могло быть написано на этих участках. Различные комбинации слов, возможные на этих участках, машина подвергала проверке и отбирала те их сочетания, которые логически были связаны с предшествующими и последующими записями. Для проверки правильности такой расшифровки в машину закладывались уже расшифрованные участки записей с умышленно сделанными пропусками. Таким образом, было установлено, что при помощи машины можно правильно восстанавливать пробелы до пяти слов.



Универсальная цифровая вычислительная машина «Раздан-3». Пульт управления.

Машины обрабатывают метеосводки и составляют прогноз погоды. Повышение точности этих предсказаний за последние годы связано с тем, что электронно-вычислительные машины быстро решают множество задач, которые стоят перед метеорологами, на основании данных о состоянии погоды во многих пунктах нашей страны. До применения электронных вычислительных машин обработка получаемой информации запаздывала.

### РАДИОЭЛЕКТРОНИКА В МЕДИЦИНЕ

В павильоне ВДНХ «Здравоохранение и медицинская промышленность» посетитель увидит электронную машину, которая по отдельным признакам болезни мгновенно составляет точный диагноз. На очереди создание вычислительных машин для научно-исследовательских медицинских и биологических институтов, крупных больниц, клиник.

В этом павильоне много радиоэлектронной аппаратуры: четырехканальный электроэнцефалограф для регистрации биотоков головного мозга, электротонаграф для измерения артериального давления, ультразвуковые диагностические аппараты для исследования мягких тканей и другие приборы, в которых работают электронные реле, термометры, магнетроны, различные датчики и УВЧ генераторы. Электроника позволяет вести наблюдение и исследование работы пищеварительного тракта. Исследуемому больному дают проглотить небольшую «радиопиллюлю», в которой находится микроминиатюр-

ный радиопередатчик с чувствительными датчиками измеряемых величин. Радиус действия этого устройства 1—2 м. Находящийся в пределах этого радиуса радиотехник регистрирует поступающие от радиопередатчика сигналы. А «радиопиллюля», выполнив свое назначение, выходит из организма человека.

Успехи в освоении космического пространства привели к рождению новых научных дисциплин. Примером может служить космическая медицина, впитавшая в себя последние достижения таких дисциплин, как прикладная физиология, радиоэлектроника, радиобиология и др.

Одна из важнейших задач космической медицины — получение еще в ходе полета сведений о состоянии организма космонавта и окружающей его среды.

Передача биологической, в том числе и медицинской, информации по радио на большие расстояния привела к рождению биотелеметрии. Основу последней по понятным причинам составляет радиоэлектроника. Поэтому радиоэлектроника органично входит в космическую медицину. Да и все достижения в области исследования космоса были бы немыслимы без радиоэлектроники.

На ВДНХ мы можем проследить славную летопись покорения космоса советскими людьми. Нам достаточно привести здесь только четыре цифры: на корабле «Восток» действовало 300 приборов, в которых смонтировано 240 электронных ламп, 6 300 полупроводниковых приборов и 760 электромагнитных реле и переключателей.

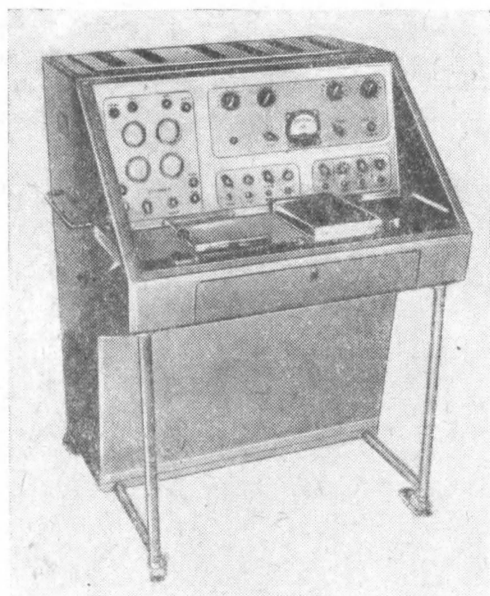
### РАДИОАСТРОНОМИЯ

Золотая медаль имени А. С. Попова присуждена в 1965 г. доктору физ. матем. наук, проф. С. Э. Хайкину за выдающиеся работы в области радиофизики и радиоастрономии. Этим награждением советская наука отметила заслуги проф. Хайкина — создателя большого Пулковского радиотелескопа и одновременно подчеркнула значение радиоастрономии.

В статье для Ежегодника Массовой радиобиблиотеки «Успехи радиоастрономии» проф. С. Э. Хайкин пишет:

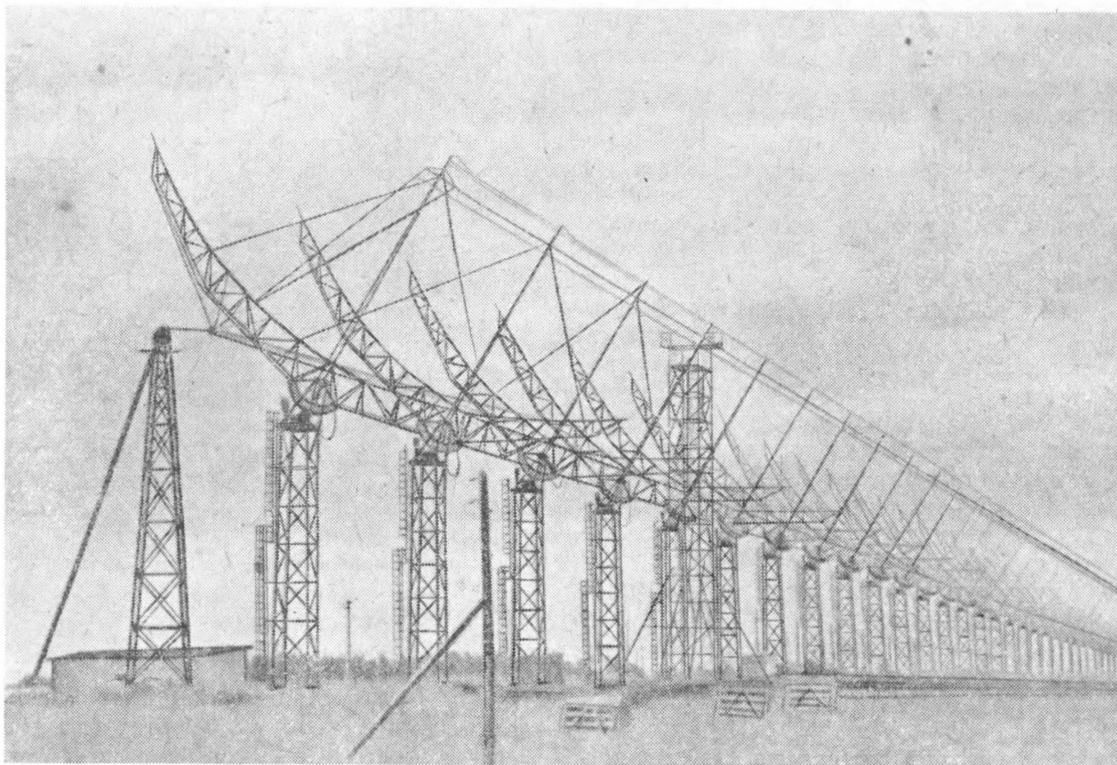
«Не только само возникновение радиоастрономии стало возможным благодаря успехам радиотехники, но и темп дальнейшего развития радиоастрономии определяется главным образом прогрессом в технике приема и усиления радиоволн, а в случае радиолокационной астрономии — и в технике радиопередающих устройств».

Современный крупный радиотелескоп — это специальное антенное устройство больших размеров, снабженное высокочувствительным приемником для приема радиоизлучения небесных тел.



Четырехканальный электроэнцефалограф для регистрации биотоков головного мозга.





Одна из двух антенн крупнейшего радиотелескопа физического института имени П. Н. Лебедева АН СССР.

Наиболее точный радиотелескоп с отражателем в форме параболоида вращения построен в Физическом институте АН СССР. Он имеет диаметр 22 м и позволяет на волне 8 мм получить растров диаграммы направленности около 2°.

Чтобы получить более высокую разрешающую способность радиотелескопов, приходится искать пути увеличения их размеров без увеличения той минимальной длины волны, на которой радиотелескоп может работать.

Так, например, в радиотелескопе, разработанном и построенном в отделе радиоастрономии главной астрономической обсерватории в Пулково, о котором говорилось выше, при горизонтальном размере 125 м удалось получить точность, необходимую для работы на волне 3 см. Угол раствора диаграммы при этом составляет около 1'.

В системах радиотелескопов, имеющих большой размер только в одном направлении — вдоль поверхности Земли, диаграмма направленности имеет малый угол раствора также только в одном направлении. Такие диаграммы называют «ножевыми» в отличие от «игольчатых», которые имеют малые углы раствора в двух направлениях.

Игольчатой диаграммой обладает, например, радиотелескоп, состоящий из двух антенн, имею-

щих большие размеры в двух взаимно перпендикулярных горизонтальных направлениях. Эти антенны при помощи высокочастотных фидеров и специальных коммутаторов присоединяются к приемнику, расположенному в месте пересечения двух антенн. Такие системы получили название крестообразных радиоинтерферометров.

Крупнейший крестообразный радиоинтерферометр сооружен под руководством В. В. Виткевича в Физическом институте АН СССР.

Вот какими инструментами вооружена радиоастрономия! На счету у этой молодой науки много открытий.

В первой главе Хрестоматии говорилось об успехах в радиолокации планет, достигнутых коллективом советских ученых под руководством акад. В. А. Котельникова.

Современная радиоастрономия обладает средствами приема сигналов с расстояний до 500 световых лет (в километрах это выражается цифрой 5 с 15 нулями!). Но сигналы доходят до нас через 500 лет после возникновения.

Радиоастрономия непрерывно расширяет наши представления о мировом пространстве. Среди космических радиоизлучений обнаружено ярко выраженное излучение на волне 21 см, посылаемое к нам межзвездным водородом, когда

в нем происходят электрические явления. Прием этих радионизлучений из Вселенной навел на мысль о возможности радиосвязи с мыслящими жителями других миров. По мнению некоторых ученых, условия нашей земной жизни существуют на 100 тыс. планет в пределах нашей Галактики, насчитывающей 100 млрд. звезд.

Возникает новая отрасль радиоастрономии по поиску мыслящих существ во Вселенной.

Но достигаемость других миров для современных радиотехнических средств весьма ограничена. Некоторый прогресс в этом деле сулит нам лазерная техника, т. е. использование для целей связи определенным образом организованных световых лучей, или использование мощных источников ультрафиолетовых и гамма-лучей. Но и эти изумительные средства могут решить только часть проблемы — расширить сферу действия человека в мировом пространстве. Остается непобежденное время. Чтобы получить на запрос с Земли ответ с соседней Галактики — туманности Андромеды — потребуется 3,2 млн. лет! Поэтому возникают дерзкие мысли: нельзя ли уплотнить время? Это проблема из проблем.

Рост потребностей в радиосвязи, заложенной А. С. Поповым, настолько возрос, что весь спектр радиочастот уже почти исчерпан. Мы вступаем в новый период развития связи с использованием лазерной техники<sup>1</sup>.

#### КВАНТОВАЯ РАДИОЭЛЕКТРОНИКА

В последние годы проведены значительные исследования в области квантовой радиофизики, которые привели к созданию новых приборов — лазеров. Эти чрезвычайно перспективные приборы начинают играть все большую и большую роль в разнообразных научных исследованиях и для технических целей. Луч лазера пробивает сквозное тонкое и ровное отверстие в пластине легированной стали, режет, как масло, рубиновые часовые камни и пробивает в них точные отверстия.

В основе работы этих приборов лежат атомно-молекулярные свойства вещества. Выведенные из состояния равновесия атомы излучают электромагнитные волны. Такие атомы превращаются как бы в миниатюрные радиостанции с мощностью около одной миллиардной доли ватта. Заслуга ученых в том, что они нашли способы объединить работу громадного числа атомов. Совместное излучение огромного количества атомов лежит в основе работ так называемых молекулярных генераторов и усилителей, которые могут испускать как радиоволны, так и свет.

<sup>1</sup> Использован материал из статьи П. В. Шмакова «Великое открытие» в газете «Ленинградская правда» от 7 мая 1965 г.



Лауреат Ленинской премии,  
чл.-корр. АН СССР, Николай Ген-  
надиевич Басов.

Над этим генератором работали две группы ученых: советские — А. Г. Басов и А. М. Прохоров в Физическом институте АН СССР и Чарльз Таунс с сотрудниками в Колумбийском университете в Нью-Йорке. Источником радиоволн в усилителе служил пучок летящих в вакууме молекул аммиака.

Басов и Прохоров называли этот прибор молекулярным генератором, а Таунс — лазером — словом, образованным из первых букв слов фразы, описывающей на английском языке действие этого прибора. В 1959 г. А. Г. Басов и А. М. Прохоров были удостоены Ленинской премии. А потом они вместе с Ч. Таунсом получили Нобелевскую премию за 1964 г.

Молекулярный генератор, работающий в сантиметровом диапазоне, сразу установил рекорд стабильности частоты. Теперь самое точное время определяется по часам, работа которых синхронизируется квантовыми устройствами.

Создание квантовых усилителей, охлаждаемых жидким гелием, дало в руки физиков и инженеров самый маломощный усилитель, который в сотни раз чувствительнее электронных.

Но наиболее удивительные результаты дало создание оптических квантовых генераторов (ОКГ) — лазеров. Они на вид очень просты: кусок искусственного рубина или специального стекла и мощная лампа-вспышка. Стоит осветить светом последний рубиновый стержень, как из его торца вылетает яркий луч красного света. Яркость этого луча в миллион раз больше яркости Солнца.



Лауреат Ленинской премии,  
чл.-корр. АН СССР, Александр  
Михайлович Прохоров.

Малая длина волны и узкая направленность излучения лазера позволяют эффективно и с большой точностью проводить локацию удаленных объектов. Например, чтобы осветить лазером на Луне площадку  $1 \text{ км}^2$  требуется линза диаметром 20—30 см. Лазер уже сегодня стал самым лучшим инструментом для обработки алмазов и сверхтвердых сплавов. Его пробуют применить для ускорения потоков заряженных частиц и управления химическими реакциями.

Наиболее важным направлением в применении оптических квантовых генераторов, несомненно, будет использование их для передачи различной информации, так как высокие частоты позволяют размещать большое число независимых каналов.

С помощью лазера можно повысить скорости счета электронно-вычислительных машин до фантастических величин.

Квантовые генераторы ставит себе на службу и медицина. Лазерным лучом, например, лечат отслоение сетчатки глаза; при этом операция стала совершенно безболезненной.

Фантастический роман А. Н. Толстого «Гиперболоид инженера Гарина» во многом становится реальной действительностью. И хочется верить, что никто в мире не пойдет по пути инженера Гарина, и квантовые генераторы будут использованы только в мирных целях — для прогресса науки и техники.

\* \* \*

Наш весьма краткий и далеко не полный обзор — экскурсия в мир радиоэлектроники — закончен. Мы не охватили еще многих областей науки и техники, в которых успешно проявляет себя радиоэлектроника. Но главные из них мы постарались привести в этой статье.

Что касается революции в самой радиоэлектронике, то речь о ней пойдет в следующей статье.

Нам остается в заключение привести слова Героя Социалистического труда акад. А. Л. Минца из его статьи в «Правде» «Взлет радиоэлектроники» (7 мая 1965 г.):

«Приведенные примеры нам представляются достаточными, чтобы утверждать, что радиоэлектроника в настоящее время действительно определяет общий научно-технический прогресс. Более того, об уровне цивилизации любой страны можно судить по состоянию ее радиофизики, радиотехники, электроники и радиопромышленности».

## МИКРОЭЛЕКТРОНИКА НАСТУПАЕТ <sup>1</sup>

Знаете ли Вы, сколько «весит» килограмм самолетного оборудования? Чтобы поднять его в воздух, нужно на 10—20 кг увеличить взлетный вес самолета. Еще хуже выглядит это соотношение для космических ракет. Здесь каждый килограмм «весит» в сотни раз больше самого себя, требует увеличения стартового веса ракеты на сотни килограммов.

Уже к концу второй мировой войны радиоэлектронное оборудование тяжелого самолета

весило около тысячи килограммов. А на современных самолетах установлены куда более совершенные и сложные радиоэлектронные системы вплоть до электронных вычислительных машин. Если бы такое оборудование строилось старыми (20-летней давности) методами, из старых материалов и деталей, то не исключено, что самолет не смог бы поднять ничего, кроме своей радиоэлектронной аппаратуры.

Во многих случаях оказалось важным уменьшить не только вес аппаратуры, но и ее объем.

Средний телевизор содержит около тысячи электронных приборов и радиодеталей и занимает

<sup>1</sup> Сворень Р., Микроэлектроника наступает, журнал «Наука и жизнь», 1964, № 10 (с сокращениями).





Чтобы изготовить все детали и цепи тонкопленочного блока, производят шесть последовательных напылений через шесть разных трафаретов.

объем примерно 20 тыс.  $\text{см}^3$ . Это соответствует плотности монтажа одна деталь на 20  $\text{см}^3$ , или, пользуясь принятой системой записи, 0,05  $\text{дет./см}^3$ . При подобной плотности радиоэлектронное оборудование на большом самолете, например на бомбардировщике дальнего действия, должно было бы занимать объем около 20 кубометров! Подобные цифры, по-видимому, не доставили бы особого удовлетворения авиационным конструкторам, а тем более конструкторам космических ракет.

Увеличение веса и объема радиоэлектронных систем все чаще становилось главным препятствием к их внедрению во многие области техники. К этому прибавлялось еще и зловещее противоречие между возрастающей сложностью радиоаппаратуры и все более жесткими требованиями к ее надежности.

В технике о значении надежности принято говорить языком цифр. Приведем такой пример. Радиоэлектронное оборудование типичной межконтинентальной баллистической ракеты содержит примерно 300 тыс. электронных приборов и деталей. Для того чтобы такая ракета нормально взлетела 9 раз из 10, каждая ее деталь должна

иметь надежность (вероятность безотказной работы в течение заданного времени) не менее 99,99996%. Иными словами, какая-либо деталь «имеет право» выйти из строя 1 раз на каждые 2 500 000 (два с половиной миллиона!) запусков.

Автоматизация сборки радиоэлектронной аппаратуры, необходимость резко уменьшить ее габариты и вес, повысить надежность — все это были сложные проблемы, которые невозможно было решить в рамках традиционной технологии.

Ученым и специалистам пришлось рвать с обременительными традициями и в первую очередь направить по принципиально новому пути развитие электронной техники. Правда, произошло это не сразу. Технологическая революция в радиоэлектронике и электронной технике еще не закончена, но уже можно говорить о ее крупных победах.

### ПРЕВРАЩЕНИЕ В «ТВЕРДУЮ СХЕМУ»

За последние годы в конструировании и технологии производства радиоэлектронной аппаратуры и изделий электронной техники не раз возникали новые направления, появлялись новые идеи и методы. Многие из них «осели» в промышленности и по сей день применяются довольно широко. И в то же время каждый новый метод создавал базу для дальнейшего наступления, а сам оставался лишь вехой на пути прогресса.

Одна из таких вех — печатный монтаж. Он позволил одним ударом прокладывать соединительные цепи целого блока, открыл реальную возможность автоматизации монтажных процессов, но, к сожалению, не решил остальных проблем.

Другая важная веха — модульное конструирование. Сущность его в том, что самые различные радиоэлектронные устройства собирают из отдельных стандартных по размерам ячеек — модулей. Каждый из них выполняет определенные функции (генератора, усилителя, триггера и т. д.) и в свою очередь состоит из нескольких плотно «упакованных» радиодеталей. Модульное конструирование резко (в 5—10 раз) повысило плотность монтажа радиоэлектронной аппаратуры.

У слова «модуль» вскоре появилась приставка «микро» — усилиями специалистов по электронной технике были созданы сверхминиатюрные (часто говорят «микроминиатюрные») лампы, трансформаторы, переключатели, конденсаторы и другие детали, были найдены новые эффективные способы компоновки модулей. Постепенно плотность микромодульных конструкций достигла 10—20  $\text{дет./см}^3$  и, таким образом, превысила плотность классического — навесного —

монтажа из обычных радиодеталей примерно в 100 раз! Но сегодня и эта цифра уже не кажется нам очень большой.

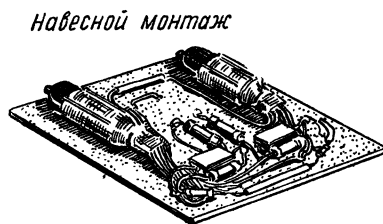
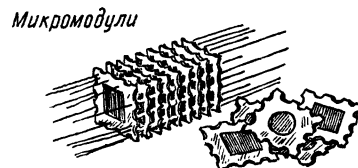
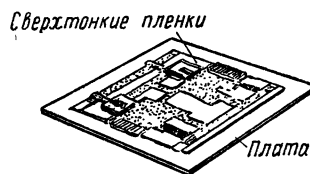
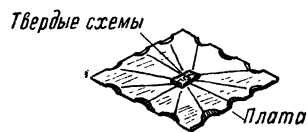
В конце 40-х годов появление миниатюрного и долговечного транзистора оказалось как нельзя кстати. Он сразу же дал огромный эффект в борьбе за габариты, вес и надежность, сразу же стал героем дня. Уже в 1955 г. мировая промышленность производила 350 типов транзисторов, а к концу 1964 г. эта цифра увеличилась в 10 раз. Масштабы производства многих полупроводниковых приборов заметно превосходят выпуск аналогичных радиоламп.

Но, по-видимому, не в соревновании с электронными лампами будущее полупроводников. Может случиться так, что полупроводниковый прибор, работающий в обычной радиоаппаратуре вместо лампы, когда-нибудь будут сравнивать с реактивным двигателем, «запряженным» в старый тарантас.

Дело в том, что полупроводниковый кристалл способен заменить не только одну лампу, а целый ламповый блок со множеством различных деталей. Такой кристалл мог бы стать основой для сверхнадежной и сверхминиатюрной аппаратуры совершенно нового типа, где функции электронных приборов выполняли бы небольшие группы отдельных молекул. Это на первый взгляд фантастическое направление электронной техники уже имеет первые реальные успехи. В их числе твердые, или, как их еще называют, интегральные схемы прямые потомки полупроводниковых диодов и транзисторов.

Высокий технологический уровень явился ключом к созданию в одном полупроводниковом кристалле целых электронных узлов — «твердых схем». Удаётся разместить в небольшом кристалле десятки *p-n*-переходов, которые выполняют роль диодов, транзисторов, конденсаторов. Подобными же методами, изменяя проводимость материала, создают резисторы — самые распространенные элементы схем. Многие резисторы «собственным телом» соединяют другие детали, образуя сложные электрические цепи. Там, где необходимо соединение «накоротко», в кристалл впрессовывают тончайшую проволоку или напыляют полоски металла.

Для человека, привыкшего к масштабам обычной радиотехники, результаты, полученные на твердых схемах, с трудом укладываются в сознании. Согласитесь, что нелегко представить себе кристалл кремния размером меньше булавочной головки, который эквивалентен электронному блоку из 30—40 нормальных радиодеталей. В литературе уже описаны усилитель низкой частоты мощностью до 5 *вт* размером с копейку, а также вычислительное устройство, которое легко умещается на ладони. Оно состоит из 587 твер-



На этих рисунках изображен логический элемент как пример радиоэлектронного устройства, выполненного различными способами монтажа из различных электронных приборов. Посмотрим снизу вверх. *Навесной монтаж*. При использовании пальчиковых радиоламп плотность монтажа достигает 0,08 деталей на  $\text{см}^2$ . Логический элемент изображен в  $1/2$  натуральной величины. *Печатный монтаж* в сочетании с микротранзисторами повышает плотность монтажа до нескольких деталей на  $\text{см}^2$ . Логический элемент изображен в натуральную величину. *Микромодули*. Каждый микроэлемент — это квадратная пластинка (плата) толщиной несколько десятых миллиметра. На пластинке укрепляют одну или несколько микроминиатюрных радиодеталей. *Сверхтонкие пленки* дают плотность монтажа 300  $\text{дет}/\text{см}^2$ . Пленки наносятся на подложку (стекло, керамика). *Твердые схемы* дают плотность монтажа от 1 000  $\text{дет}/\text{см}^2$ . Кристалл и подложка (плата), на которой он закреплен, показаны увеличенными примерно в 3 раза.



«Микроскопическая радиоаппаратура» это не преувеличение. Чтобы рассмотреть тонкопленочный блок приемника «Микро», а тем более чтобы работать с ним, необходим микроскоп.

дых схем, заменяющих 5 800 обычных радиодеталей.

Сейчас в твердых схемах достигнута плотность монтажа, эквивалентная почти  $1000 \text{ дет/см}^2$ , а в качестве возможного предела некоторые специалисты называют 10 и даже 300 тыс.  $\text{дет/см}^2$ . Кроме того, твердые схемы должны создать резкое повышение надежности, так как в них отсутствуют соединения цепей, выполненные с помощью пайки, — один из самых ненадежных элементов радиоэлектронной аппаратуры.

Твердые схемы стирают границу между радиодетальями и радиоэлектронной аппаратурой, позволяют единым автоматизированным процессом создавать радиоэлектронные аппараты прямо из первичных материалов. Подобные возможности открывают еще одно направление современной электронной техники — технологию тонких пленок.

#### «МИКРО» ПРОСИТСЯ НА КОНВЕЙЕР

Они очень похожи друг на друга — рекордсмены микроминиатюризации ленинградец «Эра» и москвич «Микро» — самые маленькие в мире радиоприемники: каждый из них может легко уместиться в спичечной коробке. Приемники обладают одинаковой чувствительностью, избирательностью, экономичностью, имеют плавную настройку на длинных, а «Микро» и на средних волнах, оба собраны по схеме прямого усиления на пяти транзисторах. И все же «Эра» и «Микро» — совершенно разные приемники. В этом легко

убедиться, заглянув внутрь изящных пластмассовых футляров.

В «Эре» вы увидите изумительной красоты микромодульный блок, сердце аппарата. Кажется, ничего не может быть меньше, компактнее этого ювелирного изделия, ничего не может быть совершеннее его. Но...

Заглянув в футляр «Микро», вы обнаружите похожую на небольшую почтовую марку тонкую разноцветную пластинку, к которой, так же как к микромодулю приемника «Эра», подключены миниатюрные транзисторы, магнитная антенна, конденсатор настройки. Вот эта «почтовая марка» как раз и есть «сердце» приемника. На ней находится множество невидимых радиодеталей и электрических цепей — около 30 конденсаторов и резисторов, десятки соединительных проводов. Вся эта сложная схема выполнена в виде сверхтонких пленок.

Что такое сверхтонкая пленка особенно легко поймет тот, кому приходилось в очках входить с мороза в теплое помещение. Тончайший слой влаги, который конденсируется на холодных стеклах очков, — близкий родственник пленок, совершающих переворот в электронной технике.

Чтобы проще объяснить устройство пленочных схем, сделаем два предварительных замечания: первое — тонкие пленки можно получать из паров самых различных веществ (проводников, полупроводников, изоляторов), второе — пользуясь фигурными трафаретами, можно наносить пленочные покрытия разных размеров и самой различной формы (круги, прямые линии, спирали).

Тонкопленочную схему создают на изоляционной подложке (стекло, керамика, ситаль), напыляя на нее в несколько слоев «рисунки» определенной формы. Так, например, для того чтобы изготовить конденсатор, достаточно последовательно напылить три слоя: металл — изолятор — металл. Резисторы представляют собой пленочные полоски материала с низкой проводимостью, соединительные цепи — полоски алюминия, серебра, золота. На площади  $1 \text{ см}^2$  удается создать конденсатор емкостью до 20 тыс.  $\text{пф}$  (полярный конденсатор — до 10  $\text{мф}$ ) либо резистор от 5  $\text{ом}$  до 1  $\text{Мом}$ .

При этом детали и цепи могут располагаться одна над другой, напоминая слоеный пирог.

Достигнутая для тонких пленок плотность монтажа соизмерима с плотностью твердых схем.

Все рисунки пленочной микросхемы нужно наносить с очень высокой точностью. Здесь счет идет на микроны и даже на ангстремы. Так, например, толщина слоя изолятора между обкладками конденсатора может составлять 1—5 мк, а толщина проводящих слоев — несколько сотен ангстрем. Очень точно должны совпадать наносимые друг на друга рисунки, и поэтому допуск на смещение трафарета не превышает нескольких микрон при толщине самой маски не более 75 мк. Чрезвычайно высоки требования к чистоте исходных материалов. Ничтожные, буквально миллионные доли процента примеси в одном из напыляемых веществ могут сделать непригодной сложную тонкопленочную схему. Все это говорит о том, что изготовление тонких пленок требует прецизионного оборудования и очень точных методов контроля.

Даже сравнительно небольшая экспериментальная установка, где делались первые блоки для радиоприемника «Микро», демонстрирует главные достоинства тонкопленочной технологии.

Все напыления производятся последовательно в одной камере, причем каждый трафарет содержит девять одинаковых рисунков и на общей подложке (в дальнейшем ее разрезают) одновременно создается девять миниатюрных тонкопленочных блоков. Листки подложки расположены на своеобразной карусели, которая периодически поворачивается на небольшой угол и вводит микросхему в следующий «цех» — очередной район напыления. Таким образом, под колпаком вакуумной камеры находится самый настоящий миниатюрный завод-автомат: поступившие в него заготовки автоматическим переходят из одного «цеха» в другой, превращаясь в готовую продукцию без прикосновения руки человека. Простейшие расчеты показывают, что при крупносерийном выпуске подобный завод с производственной площадью не больше, чем у кабинетного рояля, сможет каждые 20—30 сек выпускать электронный блок приемника «Микро».

Сегодня научный поиск ученых и специалистов по электронной технике и даже ее практические дела вторгаются во владения самой смелой мечты. Микроэлектроника наступает.

## ЛИТЕРАТУРА

В и л ь я м с Дж., Совершенный стратег, или Букварь стратегических игр, изд-во «Советское радио», 1960.

Это первая книга по теории игр, написанная весело и остроумно.

П л и с к о В. А., Электронные машины в военном деле, Воениздат, 1960.

Популярно рассказав об основах техники электронных вычислительных машин (ЭВМ), автор затем дает обзор иностранной литературы о применении ЭВМ при военно-научных исследованиях, испытаниях систем вооружения, в образцах вооружения, в учебно-тренировочной аппаратуре, а также быстрого и точного решения нескольких вариантов конкретной боевой задачи.

Особое внимание уделяется разъяснению возможностей ЭВМ в управлении боевой техникой и решении простейших оперативных задач.

Я г л о м А. М. и Я г л о м И. М., Вероятность и информация, изд. 2-е, Физматгиз, 1960.

В основном книга посвящена конкретным приложениям теории информации, начиная со способов кодирования и кончая сочинением музыки при помощи электронных вычислительных машин.

Книга написана достаточно популярно и доступна читателям со средним образованием.

П а н о в Д. Ю., Электронные вычислительные машины, изд-во «Знание», 1961 (Народный университет культуры).

В брошюре рассказывается, что представляют собой цифровые электронные вычислительные машины и как ими управляют с помощью программирования.

Рассматриваются некоторые применения вычислительной техники в народном хозяйстве и направления развития цифровых вычислительных машин.

П и р с Дж., Электроны, волны и сообщения, Перев. с англ., Физматиздат, 1961.

Книга известного американского ученого исследователя в области электронной связи раскрывает мир

современной радиоэлектроники. Она не требует от читателя никаких специальных знаний в области физики и математики.

Книга начинается описанием законов движения тел, а кончается научным обсуждением проблемы сочинения музыки электронными машинами.

С о р и н Я. М., Надежность радиоэлектронной аппаратуры, Госэнергоиздат, 1961 (Массовая радиобиблиотека).

Брошюра посвящена весьма важной проблеме, имеющей общегосударственное значение.

Раскрывая значение проблемы надежности, брошюра намечает пути и методы, позволяющие повысить надежность работы радиоэлектронной аппаратуры.

Ш а ш и н Ю. В., Электроника в фотографии, Госэнергоиздат, 1961 (Массовая радиобиблиотека). Готовится переиздание.

В брошюре рассмотрены схемы и принципы действия электронных приборов, применяемых в фотографии (электронные фотовспышки), питающие и синхронизирующие устройства к ним, приборы для автоматизации фотопечати.

Б а р с у к о в Ф. И., Радиотелемеханика, Госэнергоиздат, 1962 (Массовая радиобиблиотека).

Излагаются принципы построения радиотелемеханических систем. Особое внимание уделяется системам командного телеуправления различными объектами и процессами.

Г у т е н м а х е р Л. И., Электронные информационно-логические машины, изд. 2-е, исправленное и дополненное, Изд-во АН СССР, 1962 (Научно-популярная серия).

Книга получила широкую популярность и недавно переведена во Францию. В ней говорится о современных запоминающих устройствах, различных видах электронной памяти и основных принципах их работы. Большое место уделено описанию способов, при помощи которых

обычная информация переводится на машинный «язык» — зашифровывается посредством специальных кодов.

И з ю м о в Н. М., Радиорелейная связь, изд. 2-е, полностью переработанное, Госэнергоиздат, 1962 (Массовая радиобиблиотека).

В книге изложены области современных применений радиорелейной связи, состав аппаратуры и принципы работы радиорелейных станций. Описаны возможности осуществления радиорелейной связи с большими интервалами между станциями.

К а м и н р Л. Б., Радиоэлектроника в биологии, Госэнергоиздат, 1962 (Массовая радиобиблиотека).

Брошюра посвящена основным вопросам применения радиоэлектроники и телевизионной техники в биологии.

К р а й з м е р Л. П., Бионика, Госэнергоиздат, 1962 (Массовая радиобиблиотека).

Брошюра освещает бионику с кибернетических позиций. В ней обращается внимание на вопросы, связанные с процессами хранения, передачи и переработки информации в живых организмах, и возможности использования этих знаний при разработке технических кибернетических систем.

Н а у к а и ч е л о в е ч е с т в о, изд-во «Знание», т. 1, 1962. Международный научно-популярный ежегодник, в котором крупнейшие ученые СССР и других стран знакомят читателей с тем важнейшим, что было сделано за последние годы в науке.

Доступно и точно о главном в мировой науке — таков девиз этой книги для пытливых и ищущих, для тех, кого волнуют пути прогресса и судьбы мира, кто хочет знать последнее слово науки.

Отлично оформленные, доступные по цене ежегодники «Наука и человечество» завоевали широкую популярность и любовь самых широких слоев читателей, не имеющих специального образования.

В т. I раздел «Вселенная» посвящен проблемам изучения космоса, итогам изучения планет солнечной системы астрономическими и радиоастрономическими методами.

В разделе «Частицы» помещены статьи-рассказы о современном состоянии электронных частиц, показывающие, как применяются на практике, в частности для изучения структуры твердых тел, открытые физические явления.

В частности, большой интерес представляет здесь статья ответственного редактора «Науки и человечества» В. Р. Келера «Ярче миллиона солнц» — о квантовых генераторах.

Том II, 1963. Содержит те же разделы, что и т. I: «Человек», «Земля», «Частицы», «Вселенная» и новый — «Технический прогресс». В последнем наш читатель найдет статьи В. М. Глушкова «Сегодня и завтра электронных машин» и Л. Куффиньяля «Кибернетика — искусство управления».

Том III, 1964. В разделе «Технический прогресс» помещена статья М. Д. Миллионщикова «Проблемы энергетики будущего».

П е р ц о в С. В., Параметрические усилители, Госэнергоиздат, 1962 (Массовая радиобиблиотека).

В брошюре изложены физические основы работы параметрических усилителей. Приводятся сведения об основных характеристиках параметрических усилителей и возможности их использования в приемных устройствах.

С а п а р и н а Е л е н а, Кибернетика внутри нас, изд-во «Молодая гвардия», 1962.

Книга популярно рассказывает о применении идей и методов кибернетики в области медицины, физиологии, психологии и лингвистики, т. е. о биокибернетике, или бионике.

Это новая, недавно возникшая наука, в которой принципы построения и работы кибернетических машин попытались применить к живому организму. Наше тело оказалось насквозь пронизанным кибернетикой: самоуправляющиеся устройства обнаружены не только в центральной нервной системе, но и в каждой составляющей человека клеточке. Сто триллионов таких крошечных кибернетических автоматов работает внутри нас! Автоматические регуляторы поддерживают в нашем теле нормальные давление крови, состав желудочного сока, следят за ритмичностью сокращений сердца и легких.

Обо всем этом рассказывается в этой книге.

С т э с и Р., Электроника для биологов и медиков, Перев. с англ. под ред. акад. АН УССР Е. Б. Бабского, Госэнергоиздат, 1962.

Широкому применению медицинской и биологической электроники, разработке новых и использованию известных электронных приборов препятствует недостаточное знание биологами и медиками основных принципов и понятий электроники. Эти пробелы призвана пополнить данная книга, в которой сжато, популярно и достаточно четко излагаются теоретические основы электроники, описываются некоторые важнейшие приборы и дается ряд практически важных указаний и советов.

Вступительная статья акад. Е. Б. Бабского рассказывает о современных направлениях развития и применении электроники в биологии и медицине.

Ш а в л о в А., Ф о г е л ь с С. и Д а л б е р д ж е р Л., Оптические квантовые генераторы (лазеры). Перев. с англ., Изд-во иностранной литературы, 1962.

Популярное изложение довольно сложного вопроса о новых источниках света.

Появление оптических квантовых генераторов — одно из последних и наиболее замечательных достижений новой области науки квантовой электроники. Принцип работы устройств квантовой электроники состоит в использовании для целей генерации и усиления электромагнитных волн индуцированного излучения некоторых квантовых систем.

Научно-популярный характер изложения материала делает эту небольшую книгу доступной для широкого круга читателей, давая достаточно полное представление о научных основах работы лазеров и возможностях их применения.

Ш а д р и н В. Н., Магнитофон управляет станком, Госэнергоиздат, 1962 (Массовая радиобиблиотека).

Описывается устройство программного управления фрезерным станком на базе серийного магнитофона МЭЗ-15.

Б а р с у к о в Ф. И., Измерения на расстоянии, Воениздат, 1963 (Научно-популярная библиотека).

В брошюре излагается, как измеряются на расстоянии различные величины по проводам и с помощью радиосредств. Описываются принципы действия и устройство простейших датчиков, преобразующих измеряемую величину в электрические сигналы. Поясняются методы передачи телеметрических сигналов по радио, способы регистрации и обработки их на приемной стороне.

В е р н и к о в с к и й А. П., Г а б и с Н. В. и К и т а е в Н. М., Краткий словарь по радиоэлектронике, Воениздат, 1963.

Словарь содержит около 2 000 терминов и кратких объяснений к ним по радиолокации, радиосвязи, радионавигации, телевидению, телеуправлению, автоматическим системам и средствам управления ракетами, радио-маскировке, радиоразведке, радиопротиводействию, радиометеорологии, гидроакустике, инфракрасной технике, электронной, вычислительной и радиоизмерительной технике, а также по отдельным элементам, блокам и узлам радиоэлектронной аппаратуры.

Словарь рассчитан на широкий круг читателей.

Зигель Ф., Радиоволны из космоса. Детгиз, 1963 (Школьная библиотека).

Книга посвящена новой науке — радиоастрономии, ее методам и достижениям.

Кондратов А. М., Число и мысль, Детгиз, 1963 (Школьная библиотека).

Популярный и хорошо иллюстрированный рассказ о кибернетике для школьников старших классов. Главное внимание автора уделено математическим основам кибернетики. В заключительной главе даются рекомендации о том, что читать по кибернетике.

Милиц А. Л., Радиоэлектроника (краткая история и достижения), Изд-во АН СССР, 1963 (Научно-популярная серия).

Книга акад. А. Л. Минца знакомит читателей с историей радиоэлектроники с момента изобретения радио А. С. Поповым до наших дней и ее успехах.

Последний раздел книги «Радиоэлектроника и научно-технический прогресс» представляет собой обзор наиболее интересных применений радиоэлектроники для расширения возможностей человека.

Палий А. И., Радиовойна, Воениздат, 1963.

Радиоэлектронные средства, включающие аппаратуру радиосвязи, радиолокации, радионавигации, радиотелеуправления, телевидения, инфракрасной техники и электронно-вычислительные машины, позволяют выполнять разнообразные задачи по разведке и управлению войсками и современными средствами вооруженной борьбы.

Радиоэлектронная аппаратура — важнейшая составная часть основных видов оружия, а действие некоторых типов новейшей военной техники целиком основано на использовании этой аппаратуры.

Написанная по материалам иностранной печати, книга знакомит читателя с принципами действия средств обнаружения и подавления радиоэлектронной аппаратуры и методах их боевого применения. Она рассказывает о способах повышения устойчивости радиоэлектронных средств при возведении на них умышленных помех и методах, помогающих скрыть эти средства от радиоразведки противника.

Прохоров А. И., Бионика, изд-во «Знание», 1963.

В живой и занимательной форме автор рассказывает о последних достижениях в области бионики. Приводится много интересных примеров.

Радиолюбители народному хозяйству, изд. ДОСААФ, 1963.

В сборнике приводятся описания 20 экспонатов 16-й и 17-й Всесоюзных радиовыставок, входивших в экспозицию отделов применения радиоэлектронных методов в народном хозяйстве и отмеченных призами и дипломами.

Седов Е., Репортаж с ничейной земли. Рассказы об информации, изд-во «Молодая гвардия», 1963.

Что такое «бит»? Как измерить количество новостей, принятых по телефону? В каком виде передаются «записи» о наследственных признаках?

На эти вопросы автор отвечает в интересных очерках о теории информации, рассчитанных на широкие круги читателей. Книга поможет им понять, почему методы, рожденные техникой связи, нашли применение в биологии и психологии и как удалось измерить одними и теми же единицами информацию в клетке и на страницах газет.

Соболевский А. Г., Магнитный усилитель — что это такое?, изд-во «Энергия», 1963 (Массовая радиобиблиотека).

Популярный рассказ об одном из устройств современной автоматики — магнитном усилителе, о том, как он работает, его конструкции и налаживании.

Дается описание конкретных конструкций для самостоятельного изготовления.

Солодовников С. П., Сигналы из микромира, изд-во АН СССР, 1963 (Научно-популярная серия).

В книге изложены основные новые методы радиоспектроскопии: электронный, парамагнитного и ядерно-магнитного резонанса.

Новые методы радиоспектроскопии применяются во многих областях естествознания, в физике, биологии и других науках, что и находит отражение в книге.

Ряд глав посвящен технике и научному применению магнитного резонанса, созданию принципиально новых генераторов и усилителей электромагнитных колебаний, квантовой радиотехнике.

Теплов Л., Очерки о кибернетике, изд. 2-е, переработанное, изд-во «Московский рабочий», 1963.

Хорошо иллюстрированная и популярно написанная книга, в которой рассматриваются следующие вопросы: кибернетика, ее место в жизни и среди наук, невероятность — математическая мера труда и знания, управление, машины-автоматы, обратная связь, информация и ее накопление, контроль информации, преобразователи сигналов, логические машины, автоматическое вычисление, статистическая машина, мозг, полный автомат, кибернетика и человечество.

Честнов Ф., Радиостанции над планетой, Воениздат, 1963 (Научно-популярная библиотека).

В брошюре раскрывается огромное значение искусственных спутников для многообразного применения радио на земле. В ней рассказывается о радиомаяках над землей, содружестве радио и спутников для метеорологии, радиосвязи через космос и телевидении в эпоху спутников.

Юрьев Э. Ю., Радиосвязь с космическими ракетами, Воениздат, 1963.

В брошюре рассмотрены особенности космических радиолиний, методы увеличения дальности связи, принципы построения бортовой и наземной аппаратуры. Приведены основные соображения по выбору диапазона волн для космической радиосвязи.

Акулиничев И. Т. и др., Радиоэлектроника в космической медицине, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

Описываются приборы и методы исследования, применяемые в космической медицине. Даны краткие сведения о принципах действия и устройстве датчиков, усилительной и другой аппаратуры для использования на космических кораблях.

Бабат Г. И., Электричество работает, изд. 2-е, переработанное и дополненное, изд-во «Энергия», 1964.

Книга блестящего популяризатора науки, в 30 лет защитившего диссертацию на степень доктора технических наук, Георгия Ильича Бабата — значительное явление в нашей советской технической литературе. Выдающийся инженер-электрик Г. И. Бабат за свою короткую жизнь немало потрудился в успешных поисках энергетически выгодных интересных решений. Особенно много им сделано и в области радиоэлектроники за те 10 лет, которые прошли в работе на ленинградском электроракуменном заводе «Светлана».

Г. И. Бабат — пионер промышленного применения токов высокой частоты. За работы по индукционному нагреву металлов для закалки он был удостоен Государственной премии. Им разработаны первые в мире высокочастотные печи для плавки стекла.

Г. И. Бабат — создатель нового вида транспорта — высокочастотного транспорта (ВЧТ).

Еще до возникновения кибернетики как науки он занимался проблемами бионики и построил электрическую «собачку».



Его книги и статьи возбуждали у молодежи интерес к науке и технике.

Вот почему мы рекомендуем нашим читателям познакомиться с этим сборником работ Г. И. Бабата, талантливо и увлекательно излагающих важнейшие вопросы современной электротехники, электроники и радиотехники.

Берг А. И., Кибернетика — наука об оптимальном управлении, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

В брошюре дается обзор достигнутого в области кибернетики и рассматриваются перспективы ее развития, намечаемые программой КПСС.

Берг А. И., Кибернетика и надежность, изд-во «Знание», 1964 (Серия «Техника»).

В первой части брошюры рассматривается значение кибернетики в строительстве материально-технической базы коммунизма и ее применение в биологии, медицине и педагогике. Вторая часть посвящена проблемам надежности и взаимосвязи кибернетики и проблемы надежности.

Борисов Е. и Пятнова И., Ключ к Солнцу, изд. 2-е, дополненное, изд-во «Молодая гвардия», 1964.

Эта книга — рассказ о полупроводниках, их роли в радиоэлектронике, физических свойствах, о трудностях и победах исследователей, прокладывающих пути электронной техники в Космосе и на Земле.

Гартман Г. А., Радиоэлектроника в сельском хозяйстве, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

Рассказывается о роли радиоэлектроники в сельском хозяйстве. Приводятся краткие описания радиоэлектронных приборов и устройств, которые находят применение в сельском хозяйстве.

Ежегодник Массовой радиобиблиотеки под редакцией Э. Т. Кренкеля, изд-во «Энергия», 1964.

Юбилейный 500-й выпуск Массовой радиобиблиотеки, в котором отражены достижения отечественной радиоэлектроники, радиофикации и радиолюбительства за год, предшествующий выпуску Ежегодника.

Основное внимание в книге уделено новым направлениям радиоэлектроники и лучшим радиолюбительским конструкциям, демонстрировавшимся на XIX Всесоюзной радиовыставке. В Ежегоднике отражены также итоги выпуска Массовой радиобиблиотеки и справочные материалы за все годы ее существования.

Кобринский А., Кто кого?, изд-во «Молодая гвардия», 1964.

Эта книга — прогулка в мир машин, автоматики и кибернетики. Автор ее — специалист в области теории машин, один из создателей «биоруки». Большой литературный опыт, остроумие и талант популяризатора позволили А. Кобринскому просто и увлекательно рассказать, чем отличается кибернетическая машина от человека и что у них общего, о том мире, в котором автоматов будет больше, чем людей, и что тогда должно произойти.

Крайзмер Л. П., Техническая кибернетика, изд. 2-е, переработанное и дополненное, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

Популярное изложение идей кибернетики как науки об общих принципах управления. Основное внимание уделяется технической кибернетике, в которой рассматриваются вопросы управления техническими процессами и создания искусственных управляющих систем, включающих в себя устройства для восприятия, передачи, хранения и переработки информации.

Кубаркин Л. В. и Левитин Е. А., Занимательная радиотехника, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

Книга представляет собой сборник очерков из самых различных областей радиотехники, иллюстрирующих физическую сущность процессов в различной радиоаппаратуре и взаимосвязь радиотехники с другими областями науки и техники.

Никольский И. А., Квантовые усилители, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

Излагаются общие принципы действия, устройство и основные характеристики квантовых усилителей сверхвысоких частот на твердом теле, а также особенности использования этих усилителей в радиотехнической аппаратуре.

Применение радиометодов в народном хозяйстве. Составители В. В. Молчанов и Г. Х. Новик, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

В брошюре содержатся описания 23 экспонатов XVII Всесоюзной радиовыставки по разделу «Применение радиометодов в народном хозяйстве».

Сапарина Елена, О чем молчат медузы, изд-во «Молодая гвардия», 1964.

В этой занятно иллюстрированной книге говорится о новой науке — бионике, под которой принято понимать комплекс методов и приемов, заимствуемых техникой у живой природы. Эту науку породила электроника, предоставив в распоряжение биологов новые точные и чувствительные приборы, методы и средства для сбора информации о процессах жизнедеятельности.

«Книга заслуживает того, — пишет в послесловии акад. А. И. Берг, — чтобы ее читали, не торопясь и внимательно: очень уж много неожиданного, непривычного и удивительного в ней рассказывается».

Шумихин Ю. А., Телевизионные автоматы, изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

Брошюра знакомит читателей с новыми телевизионными устройствами, не предназначенными для передачи изображений на расстояние. Это «телевизоры без зрителя» — телевизионные автоматы, помогающие автоматизации производства и в науке, наблюдающие без участия человека за ходом разнообразных исследований.

Китов А. И. и Крицкий Н. А., Электронные вычислительные машины, изд. 2-е, переработанное и дополненное, изд-во «Наука», 1965 (Научно-популярная серия).

Книга знакомит читателей с принципом устройства и действия электронных цифровых вычислительных машин и основами программирования. Дается обзор применения электронных вычислительных машин, в частности для решения математических и логических задач, информационных задач, планирования и автоматического управления объектами.

Во введении кратко изложены основные положения кибернетики.

Радунская И., Безумные идеи, изд-во «Молодая гвардия», 1965.

В послесловии к книге акад. А. И. Берг пишет: «Книга Ирины Радунской не только интересно и талантливо написана, но и художественно воплощает самые актуальные научные проблемы... Не ставя себе непосильной задачи охватить всю науку, автор ограничился физикой. Но и в физике он концентрирует внимание лишь на наиболее быстро развивающихся областях — квантовой физике и теории относительности и их приложениях, на новых науках — радиоастрономии и квантовой электронике».

Именно в этих областях возникли и еще долго будут возникать «безумные» идеи, ибо для их развития необходимы скачки. Простое приложение и даже совершенствование старых истин здесь уже ничего не даст».

Думается, что эти слова могут служить аннотацией к книге.



1p 94k

